

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-124823

(43)Date of publication of application : 15.05.1998

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

(21)Application number : 09-229736

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 26.08.1997

(72)Inventor : IWASAKI HITOSHI  
KAMIGUCHI YUZO  
FUKUYA HIROMI  
SAITO KAZUHIRO  
SAHASHI MASASHI

(30)Priority

Priority number : 08223481

Priority date : 26.08.1996

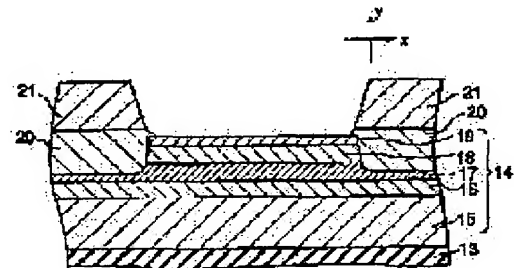
Priority country : JP

**(54) MAGNETO-RESISTIVE ELEMENT AND MAGNETIC HEAD, MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING HEAD AND MAGNETIC MEMORY DEVICE FORMED BY USING THE SAME**

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To embody the reduction of contact resistance, the suppression of insulation defects, good linear responsiveness, etc., by suppressing the reproduction fringes and Barkhausen noise of a magneto-resistive element.

SOLUTION: This magneto-resistive element consists of multilayered magnetic films which have at least an antiferromagnetic film 15, first ferromagnetic film 16, nonmagnetic film 17 and second ferromagnetic film 18 successively laminated on a substrate and exhibit huge megaromagneto-resistance effect and in which at least the second ferromagnetic film 18 has a magneto-resistance effect film 14 having the shape meeting the shape of a magnetic field detecting part. A pair of bias magnetic field imparting films 20 are respectively laminated on the films having the electrical conductivity in the multilayered magnetic films in the outer side parts at both ends of the magnetic field detecting part of the magneto-resistance effect film 14. The second ferromagnetic film having the part corresponding to the magnetic field detecting part and the outer side parts at both ends of the magnetic field detecting part having the film thickness smaller than the film thickness thereof is otherwise used and a pair of the bias magnetic field imparting films are laminated on the outer side parts at both ends of the magnetic field detecting part of this second ferromagnetic film.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

06.06.2001



[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office



**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**CLAIMS**

[Claim(s)]

[Claim 1] The magnetoresistance-effect element characterized by providing the following. Substrate. The magnetoresistance-effect film which has the magnetic multilayer which contains at least the antiferromagnetism film by which the laminating was carried out to order from the aforementioned substrate side on the main front face of the aforementioned substrate, the 1st ferromagnetic, a nonmagnetic membrane, and the 2nd ferromagnetic arranged at the magnetic field detecting element, and which shows the huge magnetoresistance effect. The bias magnetic field grant film of the couple by which the laminating was carried out, respectively on the electric conduction film which adjoins the both ends of the aforementioned magnetic field detecting element, and is chosen from the aforementioned antiferromagnetism film, the 1st ferromagnetic, and nonmagnetic membrane in the aforementioned magnetic multilayer. The electrode of the couple which supplies current to the aforementioned magnetoresistance-effect film.

[Claim 2] In a magnetoresistance-effect element according to claim 1, the aforementioned bias magnetic field grant film is chosen from the cascade screen of a hard magnetic film and a ferromagnetic, and an antiferromagnetism film. Magnetoresistance-effect element characterized by being one sort.

[Claim 3] It is that the aforementioned antiferromagnetism film is chosen from an IrMn alloy, a RhMn alloy, a RuMn alloy, a PdPtMn alloy, a CrMnPt alloy, a FeMn alloy, a NiMn alloy, and a PtMn alloy in a magnetoresistance-effect element according to claim 1 that it is few. Magnetoresistance-effect element

characterized by the bird clapper from one sort of metal system  
antiferromagnetism material.

[Claim 4] The magnetoresistance-effect element characterized by forming the  
metal membrane which has a fcc phase to the aforementioned  
antiferromagnetism film down side as a ground film in a  
magnetoresistance-effect element according to claim 3.

[Claim 5] It is the magnetoresistance-effect element to which either [ at least ]  
the 1st ferromagnetic of the above or the 2nd ferromagnetic of the above is  
characterized by the bird clapper from a CoFe alloy in a  
magnetoresistance-effect element according to claim 1.

[Claim 6] The magnetoresistance-effect element characterized by setting for a  
magnetoresistance-effect element according to claim 1, and inserting the  
magnetic film which has the middle lattice constant of the aforementioned  
antiferromagnetism film and the 1st ferromagnetic between the aforementioned  
antiferromagnetism film and the 1st ferromagnetic.

[Claim 7] The magnetoresistance-effect element characterized by inserting the  
magnetic film between the aforementioned antiferromagnetism film and the 1st  
ferromagnetic, and establishing the diffusion barrier layer between the 1st  
ferromagnetic of the above, and the aforementioned magnetic film in a  
magnetoresistance-effect element according to claim 1.

[Claim 8] The magnetoresistance-effect element characterized by forming the  
soft-magnetism assistant film on the ferromagnetic of the above 2nd in a  
magnetoresistance-effect element according to claim 1.

[Claim 9] It is the magnetoresistance-effect element characterized by setting  
up the interval of the electrode of the aforementioned couple in a  
magnetoresistance-effect element according to claim 1 more narrowly than the  
interval of the bias magnetic field grant film of the aforementioned couple.

[Claim 10] The magnetoresistance-effect element characterized by providing  
the following. Substrate. The magnetoresistance-effect film which has the  
both-ends lateral part of the aforementioned magnetic field detecting element  
which has thickness thinner than the portion equivalent to the portion and the  
aforementioned magnetic field detecting element by which it has the magnetic  
multilayer which shows the huge magnetoresistance effect which contains at  
least the antiferromagnetism film by which the laminating was carried out to  
order from the aforementioned substrate side on the main front face of the  
aforementioned substrate, the 1st ferromagnetic, a nonmagnetic membrane, and

the 2nd ferromagnetic, and the 2nd ferromagnetic of the above is equivalent to a magnetic field detecting element. The bias magnetic field grant film of the couple by which the laminating was carried out, respectively on the both-ends lateral part of the aforementioned magnetic field detecting element of the 2nd ferromagnetic of the above. The electrode of the couple which supplies current to the aforementioned magnetoresistance-effect film.

[Claim 11] In a magnetoresistance-effect element according to claim 10, the aforementioned bias magnetic field grant film is chosen from the cascade screen of an antiferromagnetism film, a hard magnetic film and a ferromagnetic, and an antiferromagnetism film. Magnetoresistance-effect element characterized by being one sort.

[Claim 12] In a magnetoresistance-effect element according to claim 11, the aforementioned bias magnetic field grant film is an antiferromagnetism film, and it is the thickness of the both-ends lateral part of the aforementioned magnetic field detecting element of the 2nd ferromagnetic of the above.

Magnetoresistance-effect element characterized by being the range of two to 5 nm.

[Claim 13] The magnetic thickness which the aforementioned bias magnetic field grant film is a cascade screen of the aforementioned hard magnetic film or the aforementioned ferromagnetic, and an antiferromagnetism film in a magnetoresistance-effect element according to claim 11, and doubled the both-ends lateral part of the aforementioned magnetic field detecting element of the aforementioned bias magnetic field grant film and the 2nd ferromagnetic of the above is the magnetic thickness of the both-ends lateral part of the aforementioned magnetic field detecting element of the 2nd ferromagnetic of the above. Magnetoresistance-effect element characterized by being more than double precision.

[Claim 14] It is that the aforementioned antiferromagnetism film is chosen from an IrMn alloy, a RhMn alloy, a RuMn alloy, a PdPtMn alloy, a CrMnPt alloy, a FeMn alloy, a NiMn alloy, and a PtMn alloy in a magnetoresistance-effect element according to claim 10 that it is few. Magnetoresistance-effect element characterized by the bird clapper from one sort of metal system antiferromagnetism material.

[Claim 15] The magnetoresistance-effect element characterized by forming the metal membrane which has a fcc phase to the aforementioned antiferromagnetism film down side as a ground film in a

magnetoresistance-effect element according to claim 14.

[Claim 16] It is the magnetoresistance-effect element to which either [ at least ] the 1st ferromagnetic of the above or the 2nd ferromagnetic of the above is characterized by the bird clapper from a CoFe alloy in a magnetoresistance-effect element according to claim 10.

[Claim 17] The magnetoresistance-effect element characterized by inserting the magnetic film between the aforementioned antiferromagnetism film and the 1st ferromagnetic, and establishing the diffusion barrier layer between the 1st ferromagnetic of the above, and the aforementioned magnetic film in a magnetoresistance-effect element according to claim 10.

[Claim 18] It is the magnetoresistance-effect element characterized by setting up the interval of the electrode of the aforementioned couple in a magnetoresistance-effect element according to claim 10 more narrowly than the interval of the bias magnetic field grant film of the aforementioned couple.

[Claim 19] The both-ends outside of the magnetic field detecting element of the magnetoresistance-effect film which has the magnetic multilayer which shows the huge magnetoresistance effect which contains at least the antiferromagnetism film which is characterized by providing the following, and by which the laminating was carried out to order from the aforementioned substrate side on the main front face of a substrate and the aforementioned substrate, the 1st ferromagnetic, a nonmagnetic membrane, and the 2nd ferromagnetic, and the aforementioned magnetoresistance-effect film. The bias magnetic field grant film of the couple by which the laminating was carried out on the ferromagnetic of the above 2nd, respectively. The electrode of the couple which supplies current to the aforementioned magnetoresistance-effect film.

[Claim 20] It sets for a magnetoresistance-effect element according to claim 19, and is the 2nd ferromagnetic. Magnetoresistance-effect element characterized by having the thickness of the range of 2-10nm.

[Claim 21] The magnetoresistance-effect element characterized by forming the high resistance protective coat on the aforementioned magnetoresistance-effect film and the aforementioned bias magnetic field grant film in a magnetoresistance-effect element according to claim 19.

[Claim 22] It is the magnetoresistance-effect element characterized by setting up the interval of the electrode of the aforementioned couple in a magnetoresistance-effect element according to claim 19 more narrowly than



the interval of the bias magnetic field grant film of the aforementioned couple.

[Claim 23] It is the magnetoresistance-effect element to which the aforementioned bias magnetic field grant film is characterized by the bird clapper from an antiferromagnetism film in a magnetoresistance-effect element according to claim 19.

[Claim 24] The magnetic head characterized by providing a bottom magnetic-shielding layer, the claim 1 formed through the bottom reproduction magnetic gap on the aforementioned bottom magnetic-shielding layer and a magnetoresistance-effect element according to claim 10 or 19, and the top magnetic-shielding layer formed through the bottom reproduction magnetic gap on the aforementioned magnetoresistance-effect element.

[Claim 25] The magnetic-recording reproducing head characterized by providing the recording head which has the reproducing head which has the magnetic head according to claim 24, the aforementioned bottom magnetic-shielding layer of the aforementioned magnetic head and the communalized bottom magnetic pole, the record magnetic gap formed on the aforementioned bottom magnetic pole, and the top magnetic pole prepared on the aforementioned record magnetic gap.

[Claim 26] Magnetic storage characterized by providing the write-in electrode which memorizes information on the magnetoresistance-effect film of a claim 1, a magnetoresistance-effect element according to claim 10 or 19, and the aforementioned magnetoresistance-effect element, and the read-out electrode which consists of the aforementioned electrode of the aforementioned magnetoresistance-effect element, and which reproduces the information memorized by the aforementioned magnetoresistance-effect film.

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the magnetoresistance-effect element which has the magnetic multilayer which shows the huge magnetoresistance effect, the magnetic head using it, the magnetic-recording reproducing head, and magnetic storage.

[0002]

[Description of the Prior Art] In magnetic recording media, such as HDD, it is progressing in the direction which reduces recording track width of face in order to aim at improvement in recording density. In order to compensate the fall of the reproduction output accompanying reduction of this recording track width of face, the magnetic head (MR head) which applied the high sensitivity magnetoresistance-effect element (MR element) is needed. Promising \*\* of the MR head using the spin bulb film which consists of a magnetic multilayer which carried out the laminating of the antiferromagnetism film for fixing magnetization of the ferromagnetic (it is hereafter described as a magnetization free layer) which carries out magnetization rotation especially according to a signal magnetic field, a nonmagnetic membrane, the ferromagnetic (it is hereafter described as a magnetization fixing layer) which magnetization fixed by the bias magnetic field from an antiferromagnetism film, and a magnetization fixing layer to order and in which the huge magnetoresistance effect is shown is carried out as an MR head of

[0003] In the MR head using the spin bulb film, after that the reproduction fringe the Barkhausen noise resulting from the magnetic domain wall of a magnetization free layer and near the both ends of a regenerative track puts in practical use, it has been a big technical problem. The so-called MR head of the ABATTO junction method which \*\*\*\*\*ed, removed both-ends 1a from which it separated from the recording track width of face of the spin bulb film 1, and 1a outside, and has arranged the hard magnetic film 2 there, respectively in order to solve such a technical problem, for example, as shown in the cross

section observed from the medium opposite side side of drawing 12 is proposed.

[0004] In addition, the laminating of the magnetization free layer 4, a nonmagnetic membrane 5, the magnetization fixing layer 6, and the antiferromagnetism film 7 is carried out to order, and the spin bulb film 1 shown in drawing 12 consists of substrate 3 sides, as mentioned above. Moreover, on the hard magnetic film 2, the electrode (reproduction electrode) 8 of the couple for passing sense current on the spin bulb film 1, respectively is formed.

[0005] In the MR head of the ABATTO junction method shown in drawing 12 , the magnetic domain of the magnetization free layer 4 disappears by the bias magnetic field from the hard magnetic film 2, and a Barkhausen noise is suppressed. Moreover, since portions other than recording track width of face are placed and replaced with the hard magnetic film 2, they can read only the recording information from a recording track. Therefore, a reproduction fringe can be made remarkably small.

[0006] However, the problem as shown below has occurred in the MR head which applied the ABATTO junction method described above on the spin bulb film 1.

First, although illustration was omitted to the spin bulb film 1 down side, the gap film which consists of nonmagnetic insulators, such as an alumina, exists in the 1st. For this reason, contact on the reproduction electrode 8, the hard magnetic film 2, and the spin bulb film 1 serves as a wall surface of the spin bulb film 1 removed mainly by etching etc. Therefore, there is a problem of contact resistance increasing or being easy to become unstable.

[0007] Since the magnetization free layer 4 exists in it at the bottom in case etching removes the magnetization free layer 4 to the 2nd at the both ends of the spin bulb film 1, it is surely over etching \*\*\*\*\* about a gap film. For this reason, there is a problem of being easy to produce poor insulation between the magnetic-shielding layers which exist in the gap film bottom.

[0008] In the lower part, in etching of the spin bulb film 1, a taper tends to become loose the 3rd compared with the upper part of the spin bulb film 1. For this reason, the field the hard magnetic film 2 and the magnetization free layer 4 carried out [ the field ] switched connection in the taper section increases. In such a taper section field, since the exchange bias force becomes unstable, it becomes easy to generate a Barkhausen noise.

[0009] Since the wall surface of the hard magnetic film 2 and the wall surface of the magnetization fixing layer 6 will touch the 4th inevitably, the bias magnetic field from the hard magnetic film 2 also joins the magnetization fixing layer 6. For

this reason, magnetization of the magnetization fixing layer 6 which should originally fix crosswise [ of the spin bulb film 1 ] (the signal magnetic field inflow direction) inclines in the direction of bias of the hard magnetic film 2 (longitudinal direction of the spin bulb film 1), and has the problem that the good alignment response to a signal magnetic field is no longer obtained.

[0010] On the other hand, the direct laminating of the bias magnetic field grant films, such as a hard magnetic film and an antiferromagnetism film, is carried out to the edge section of MR film, they carry out switched connection, and the MR head which removed the Barkhausen noise by this is also proposed. However, problem \*\*\*\* of the front-face nature of the ground which needs to prepare a hard magnetic film, an antiferromagnetism film, etc. in a substrate side, and forms a spin bulb film by these patterning on a magnetization free layer by the present spin bulb film in which a magnetization fixing layer etc. exists deteriorating.

[0011] It is very difficult to carry out pattern formation without degrading the surface state of the ground of a spin bulb film when these are thick, although it is necessary to thicken a hard magnetic film and an antiferromagnetism film when obtaining the switched connection stabilized especially. Furthermore, by the antiferromagnetism film, strong exchange bias is difficult to get, and since coercive force tends to decline according to the reaction from a magnetization free layer in a hard magnetic film, stable magnetization fixing in a width-of-recording-track edge is difficult. Therefore, there is a problem that reduction of a reproduction fringe and suppression of a Barkhausen noise tend to become inadequate.

[0012]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As mentioned above, in the MR head using the conventional spin bulb film, by the ABATTO junction method, it originates in the configuration and there is a problem of being easy to produce destabilization of the switched connection of the increase, destabilization, the poor insulation, hard magnetic film, and magnetization free layer of contact resistance etc. Furthermore, there is a problem that the good alignment response to a signal magnetic field is not obtained with the inclination of magnetization of a magnetization fixing layer.

[0013] On the other hand, in the MR head to which the direct laminating of the bias magnetic field grant films, such as a hard magnetic film and an antiferromagnetism film, was carried out to the spin bulb film, and they carried

out switched connection, there is a problem that the surface state of the ground of a spin bulb film deteriorates, or reduction of a reproduction fringe and suppression of a Barkhausen noise become inadequate since stable magnetization fixing in a width-of-recording-track edge is difficult.

[0014] Furthermore, applying a spin bulb film to magnetic storage, such as magnetoresistance-effect memory (MRAM), is also examined, and, in such a case, sufficient bias force is searched for.

[0015] this invention aims at offering the magnetic head, the magnetic-recording reproducing head, and magnetic storage which raised the property by using the magnetoresistance-effect element and still such a magnetoresistance-effect element which realized reduction of contact resistance, suppression with a poor insulation, good alignment responsibility, etc. after it was made in order to cope with such a technical problem, and suppressing the reproduction fringe and the Barkhausen noise.

[0016]

[Means for Solving the Problem] As indicated to the claim 1, the 1st magnetoresistance-effect element in this invention The antiferromagnetism film by which the laminating was carried out to order from the aforementioned substrate side on the main front face of a substrate and the aforementioned substrate, The magnetoresistance-effect film which has the magnetic multilayer which contains at least the 1st ferromagnetic, a nonmagnetic membrane, and the 2nd ferromagnetic arranged at the magnetic field detecting element, and which shows the huge magnetoresistance effect, The bias magnetic field grant film of the couple by which the laminating was carried out, respectively on the electric conduction film which adjoins the both ends of the aforementioned magnetic field detecting element, and is chosen from the aforementioned antiferromagnetism film, the 1st ferromagnetic, and nonmagnetic membrane in the aforementioned magnetic multilayer, It is characterized by providing the electrode of the couple which supplies current to the aforementioned magnetoresistance-effect film.

[0017] As indicated to the claim 10, the 2nd magnetoresistance-effect head A substrate, The antiferromagnetism film by which the laminating was carried out to order from the aforementioned substrate side on the main front face of the aforementioned substrate, It has the magnetic multilayer which shows the huge magnetoresistance effect which contains the 1st ferromagnetic, a nonmagnetic membrane, and the 2nd ferromagnetic at least. And the

magnetoresistance-effect film which has the both-ends lateral part of the aforementioned magnetic field detecting element which has thickness thinner than the portion equivalent to the portion and the aforementioned magnetic field detecting element by which the 2nd ferromagnetic of the above is equivalent to a magnetic field detecting element, It is characterized by providing the electrode of the couple which supplies current to the bias magnetic field grant film and the aforementioned magnetoresistance-effect film of the couple by which the laminating was carried out, respectively on the both-ends lateral part of the aforementioned magnetic field detecting element of the 2nd ferromagnetic of the above.

[0018] As indicated to the claim 19, the 3rd magnetoresistance-effect element A substrate, The magnetoresistance-effect film which has the magnetic multilayer which shows the huge magnetoresistance effect which contains at least the antiferromagnetism film by which the laminating was carried out to order from the aforementioned substrate side on the main front face of the aforementioned substrate, the 1st ferromagnetic, a nonmagnetic membrane, and the 2nd ferromagnetic, On the both-ends outside of the magnetic field detecting element of the aforementioned magnetoresistance-effect film, it is characterized by providing the electrode of the couple which supplies current to the bias magnetic field grant film and the aforementioned magnetoresistance-effect film of the couple by which the laminating was carried out on the ferromagnetic of the above 2nd, respectively.

[0019] As the magnetic head of this invention was indicated to the claim 24, it is characterized by providing a bottom magnetic-shielding layer, the magnetoresistance-effect element of this invention mentioned above formed through the bottom reproduction magnetic gap on the aforementioned bottom magnetic-shielding layer, and the top magnetic-shielding layer formed through the bottom reproduction magnetic gap on the aforementioned magnetoresistance-effect element. As the magnetic-recording reproducing head of this invention was indicated to the claim 25, it is characterized by providing the recording head which has the reproducing head which has the magnetic head of the above-mentioned this invention, the aforementioned bottom magnetic-shielding layer of the aforementioned magnetic head and the communalized bottom magnetic pole, the record magnetic gap formed on the aforementioned bottom magnetic pole, and the top magnetic pole prepared on the aforementioned record magnetic gap.

[0020] Magnetic storage of this invention is characterized by providing the write-in electrode which memorizes information on the magnetoresistance-effect film of the magnetoresistance-effect element of this invention mentioned above, and the aforementioned magnetoresistance-effect element, and the read-out electrode which consists of the aforementioned electrode of the aforementioned magnetoresistance-effect element and which reproduces the information memorized by the aforementioned magnetoresistance-effect film, as indicated to the claim 26. In the 1st magnetoresistance-effect element of this invention, the 1st ferromagnetic by which a bias magnetic field is impressed and magnetization fixing is carried out has been arranged from the antiferromagnetism film to the substrate side, and the 2nd ferromagnetic which serves as a magnetization free layer at an opposite side is arranged with the substrate. For this reason, the 2nd ferromagnetic of the both-ends outside of a magnetic field detecting element is removed, and structure which left some films which acquired the good off-track property (low reproduction fringe) upwards, and have the conductivity in a magnetic multilayer to the both-ends outside of a magnetic field detecting element (regenerative track) can be realized. It becomes possible to secure the stable electric contact by this.

[0021] Furthermore, since the taper field which makes unstable switched connection of an antiferromagnetism film and the 2nd ferromagnetic can be made small, it becomes possible to be stabilized and to suppress a Barkhausen noise. In addition, it becomes possible to give a bias magnetic field to the 2nd ferromagnetic, without contacting the edge wall surface of the 1st ferromagnetic used as a magnetization fixing layer on a bias magnetic field grant film. Therefore, after suppressing generating of a Barkhausen noise, good alignment responsibility can be obtained.

[0022] In the 2nd magnetoresistance-effect head of this invention, the 1st ferromagnetic by which a bias magnetic field is impressed and magnetization fixing is carried out has been arranged from the antiferromagnetism film to the substrate side, and the 2nd ferromagnetic which serves as a magnetization free layer at an opposite side is arranged with the substrate. For this reason, a fear of disturbing the ground front face of a spin bulb film by patterning of a bias magnetic field grant film disappears, and the stable spin bulb film property can be realized.

[0023] Moreover, thickness of the both-ends lateral part of the magnetic field

detecting element of the 2nd ferromagnetic is made thinner than a magnetic field detecting element. Therefore, by the bias magnetic field grant film which consists of an antiferromagnetism film, increase of the exchange bias force is expectable. On the other hand, by the bias magnetic field grant film which consists of a hard magnetic film, increase of coercive force is expectable. After magnetization fixing by the both-ends lateral part of the magnetic field detecting element of the 2nd ferromagnetic was stabilized more by these and suppresses a Barkhausen noise by them, a good off-track property (low reproduction fringe) can be acquired. Furthermore, since the magnetization direction of the 1st ferromagnetic which is a magnetization fixing layer is not disturbed, good alignment responsibility becomes realizable.

[0024] In the 3rd magnetoresistance-effect head of this invention, the 1st ferromagnetic by which a bias magnetic field is impressed and magnetization fixing is carried out has been arranged from the antiferromagnetism film to the substrate side, and the 2nd ferromagnetic which serves as a magnetization free layer at an opposite side is arranged with the substrate. For this reason, a fear of disturbing the ground of a spin bulb film by patterning of a bias magnetic field grant film disappears, and the stable spin bulb film property can be realized.

[0025] Moreover, by the bias magnetic field grant film which consists of an antiferromagnetism film, increase of the exchange bias force is expectable by making thickness of the 2nd ferromagnetic thin. On the other hand, by the bias magnetic field grant film which consists of a hard magnetic film, increase of coercive force is expectable. After magnetization fixing of the 2nd ferromagnetic in the both-ends lateral part of a magnetic field detecting element was stabilized by these and suppressing a Barkhausen noise by them, a good off-track property (low reproduction fringe) can be acquired. Furthermore, since the magnetization direction of the 1st ferromagnetic which is a magnetization fixing layer is not disturbed, good alignment responsibility becomes realizable.

[0026]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the form for carrying out this invention is explained.

[0027] Drawing 1 and drawing 2 are drawings showing the structure of 1 operation form of the \*\*\*\* discrete-type magnetic head which applied the 1st magnetoresistance-effect element of this invention to the reproduction element section. Drawing 1 is the cross section (the recording track cross direction and the direction of y correspond [ x directions ] in the direction of



thickness of a magnetoresistance-effect element by the travelling direction of a recording track) which looked at the \*\*\*\* discrete-type magnetic head from the medium opposite side. Drawing 2 is cross section \*\*\*\* which expands and shows the important section.

[0028] In these drawings, 11 is a substrate and it is aluminum 2O3 as this substrate 11. aluminum2 O3, the TiC substrate, etc. which has a layer are used.

On the main front face of such a substrate 11, the bottom magnetic-shielding layer 12 which consists of soft magnetic materials, such as a NiFe alloy, a FeSiAl alloy, and an amorphous CoZrNb alloy, is formed. the bottom magnetic-shielding layer 12 top -- AlOx etc. -- the magnetoresistance-effect film (GMR film) 14 in which the huge magnetoresistance effect is shown through the bottom reproduction magnetic gap 13 which consists of a nonmagnetic insulating material is formed

[0029] The magnetic multilayer which constitutes the GMR film 14 has at least the antiferromagnetism film 15 by which laminating formation was carried out, the 1st ferromagnetic 16, a nonmagnetic membrane 17, and the 2nd ferromagnetic 18 on the bottom reproduction magnetic gap 13 at order, as shown in drawing 2 . This GMR film 14 is the so-called spin bulb GMR film. The 1st ferromagnetic 16 is the magnetization fixing layer which magnetization fixed by the bias magnetic field from the antiferromagnetism film 15 formed in the bottom among the magnetic multilayers which constitute the spin bulb GMR film 14. On the other hand, the 2nd ferromagnetic 18 is a magnetization free layer which carries out magnetization rotation according to external magnetic fields, such as a signal magnetic field. In addition, 19 in drawing is a protective coat which consists of Ta, Ti, etc., and is formed if needed.

[0030] As for magnetization of the 1st ferromagnetic 16, it is desirable to fix perpendicularly (for it to be perpendicularly to space) in general to a medium opposite side (parallel to space) with the antiferromagnetism film 15. As for magnetization of the 2nd ferromagnetic 18, it is desirable that the external magnetic field is suitable in the direction of the width of recording track in general in the state of zero. That is, as for the magnetization direction of the 1st ferromagnetic 16, and the magnetization direction of the 2nd ferromagnetic 18, it is desirable to carry out an abbreviation rectangular cross. In addition, the 2nd ferromagnetic 18 is a bias magnetic field from the hard magnetic film 20 of the couple explained in full detail behind, as described above, the external magnetic field is suitable in the direction of the width of recording track in

general in the state of zero, and the magnetic domain has disappeared by this bias magnetic field further.

[0031] Co, a CoFe alloy, a CoFeB alloy, a NiFe alloy, a CoNi alloy, a NiFeCo alloy, etc. are used for these ferromagnetics 16 and 18. For example, in order to acquire reliability the thermal resistance in the Records Department formation process of resistance rate of change, and over a long period of time, it is desirable to use Co system alloys, such as CoFe. the thickness of these ferromagnetics 16 and 18 -- for example, 1st ferromagnetic 16 being referred to as about 0.5-10nm -- moreover, 2nd ferromagnetic 18 It is desirable to be referred to as about 1-20nm.

[0032] Between the 1st and 2nd ferromagnetics 16 and 18, the nonmagnetic membrane 17 which consists of Cu, Au, Ag, those alloys, etc. intervenes. The base element of the spin bulb GMR film 14 is constituted by each class 15, 16, 17, and 18 containing the antiferromagnetism film 15. the thickness of a nonmagnetic membrane 17 -- for example, -- It is desirable to be referred to as about 0.5-10nm. Conductive insulating NiO(s) or CoO(s), such as an IrMn alloy, a RhMn alloy, a RuMn alloy, a PdPtMn alloy, a CrMnPt alloy, a FeMn alloy, a NiMn alloy, and a PtMn alloy, etc. are used for the antiferromagnetism film 15.

[0033] The spin bulb GMR film 14 which consists of the above-mentioned magnetic multilayer has at least the configuration according to the magnetic field detecting element (regenerative track) to which the 2nd ferromagnetic 18 detects external magnetic fields, such as a signal magnetic field. In other words, the 2nd ferromagnetic 18 at least is made into the configuration from which the both-ends outside from which it separated from recording track width of face was removed so that the length of x directions may serve as the desired width of recording track. The removal range of the direction of thickness of a magnetic multilayer is set up so that the film which moreover has the conductivity in a magnetic multilayer at the topmost part of the both-ends lateral part of a regenerative track may exist. As an electric conduction film located in the topmost part of the both-ends lateral part of a regenerative track, a nonmagnetic membrane 17 and the 1st ferromagnetic 16 are mentioned.

Moreover, when using the IrMn alloy and FeMn alloy which have conductivity as antiferromagnetism films 15, the antiferromagnetism film 15 may be an electric conduction film located in the topmost part.

[0034] What is necessary is to perform ion milling using the resist mask etc. to the magnetic multilayer which formed membranes by the spatter etc., and just to

remove the 2nd ferromagnetic 18 at least, in order to make electric conduction films other than the 2nd ferromagnetic 18 exist in the both-ends lateral part of a regenerative track, respectively. Drawing 2 shows the state where the magnetic multilayer was \*\*\*\*\*ed so that a part of nonmagnetic membrane 17 may remain. In the topmost part of the both-ends lateral part of a regenerative track, a part of nonmagnetic membrane 17 remains.

[0035] And laminating formation of the hard magnetic film 20 of a couple is carried out as a bias magnetic field grant film on the electric conduction film in a magnetic multilayer at the both-ends lateral part of a regenerative track by which the 2nd ferromagnetic 18 is removed at least, and an electric conduction film exists in the topmost part, respectively. That is, the nonmagnetic membrane 17 which has conductivity is in contact with the hard magnetic film 20. The hard magnetic material which has the conductivity of for example, a CoPt alloy, a CoNiCr alloy, etc. is used for the hard magnetic film 20 of a couple, and, as for the thickness, it is desirable to be referred to as about 10-80nm. On the hard magnetic film 20 of a couple, the electrode 21 of a couple which consists of Cu, Au, Zr, Ta, etc., respectively is formed, and sense current is supplied to the spin bulb GMR film 14 by the electrode 21 of this couple. You may set up the interval of the electrode 21 of a couple more narrowly than the interval of the hard magnetic film 20 of a couple.

[0036] The spin bulb GMR film 14 mentioned above, the hard magnetic film 20 of a couple, and the electrode 21 of a couple constitute the GMR reproduction element 22. On the GMR reproduction element 22, as shown in drawing 1, the top magnetic-shielding layer 24 which consists of the same soft magnetic materials as the bottom magnetic-shielding layer 12 is formed through the bottom reproduction magnetic gap 23 which consists of the same nonmagnetic insulating material as the bottom reproduction magnetic gap 13. Shielded type GMR head 25 as the reproducing head is constituted by these.

[0037] Not only the hard magnetic film 20 but a bias magnetic field grant film can apply the cascade screen 28 which carried out the laminating of the antiferromagnetism film 27 on a ferromagnetic 26 like the 1st modification shown in drawing 3. Reverse is sufficient as the order of a laminating of a ferromagnetic 26 and the antiferromagnetism film 27. A NiFe alloy, Co system alloy, etc. are used for a ferromagnetic 26. A NiMn alloy, a FeMn alloy, an IrMn alloy, a PtMn alloy, etc. are used for the antiferromagnetism film 27. In order that magnetization of a ferromagnetic 26 may fix firmly by the switched

connection bias magnetic field of one strong directivity from the antiferromagnetism film 27, a cascade screen 28 functions as the hard magnetic film 20 and same bias magnetic field grant film.

[0038] As for the antiferromagnetism film 27 in a bias magnetic field grant film, and the antiferromagnetism film 15 in a spin bulb GMR film, it is desirable to make the direction of a bias magnetic field intersect perpendicularly in general.

For example, the direction of a bias magnetic field can be made to intersect perpendicularly in general by selecting the antiferromagnetism film 27 and the antiferromagnetism film 15 so that blocking temperature may differ, and performing heat treatment among a magnetic field. Blocking temperature is changeable on material, composition, membrane formation conditions, etc. An example of the conditions of heat treatment among a magnetic field is shown below.

[0039] Blocking temperature uses [ blocking temperature ] the PtMn alloy of 653K for the antiferromagnetism film 27 at the antiferromagnetism film 15 using the IrMn alloy (5.5nm of thickness) of 503K. First, it is 523K in the 1 direction magnetic field (several 10 Oe(s) and a direction are a medium opposite side perpendicular direction). It holds for 5 hours and magnetization of the antiferromagnetism film 15 is fixed to a medium opposite side perpendicular direction. Next, in a cooling process, at the middle temperature (-513K) of the blocking temperature of the antiferromagnetism film 27 and the antiferromagnetism film 15, the direction of a magnetic field is turned in the direction of the width of recording track, and is rotated 90 degrees of abbreviation. Then, magnetization of a ferromagnetic 26 fixes in the direction of the width of recording track by the bias magnetic field of the antiferromagnetism film 27 by the cooling process.

[0040] On shielded type GMR head 25, as shown in drawing 1 , the thin film magnetic head 29 is formed as a recording head. The bottom record magnetic pole of the thin film magnetic head 29 is constituted by the same magnetic layer as the top magnetic-shielding layer 24. That is, the top magnetic-shielding layer 24 of shielded type MR head 25 serves as the bottom record magnetic pole of the thin film magnetic head 29. the bottom record magnetic pole 24 top which serves as a besides side magnetic-shielding layer -- AlOx etc. -- the record magnetic gap 30 and the bottom record magnetic pole 31 which consist of a nonmagnetic insulating material are formed in order Although illustration was omitted, the record coil which gives a record magnetic field to the bottom

record magnetic pole 24 and the bottom record magnetic pole 31 is formed in the back side, and the thin film magnetic head 29 as a recording head consists of medium opposite sides.

[0041] Shielded type GMR head 25 which showed the important section to drawing 2 is produced as follows, for example.

[0042] That is, each film which constitutes the spin bulb GMR film 14 on the main front face of the substrate 11 first formed to the bottom reproduction magnetic gap 13 is formed by the sputter etc. one by one. Subsequently, a photoresist mask is formed and the spin bulb GMR film 14 is \*\*\*\*\*ed in a predetermined configuration by ion milling etc. This etching removes even the 2nd ferromagnetic 18 at least, and leaves some unit films which have the conductivity in the magnetic multilayer which constitutes the spin bulb GMR film 14.

[0043] Next, the hard magnetic film 20 and electrode 21 grade of a couple are formed by the sputter etc. using the photoresist used for etching of the spin bulb GMR film 14 to the both-ends lateral part of the regenerative track of the spin bulb GMR film 14. A photoresist is removed using solvents, such as an acetone.

[0044] Subsequently, the hard magnetic film 20 and the photoresist mask according to the configuration of an electrode 21 are formed, and ion milling is carried out using these. By this, a pattern as shown in drawing 4 is formed. The electric conduction film in the magnetic multilayer which constitutes the spin bulb GMR film 14 exists in the hard magnetic-film 20 and electrode 21 bottom.

Then, shielded type GMR head 25 is completed by forming the bottom reproduction magnetic gap 23 and the top magnetic-shielding layer 24.

[0045] Furthermore, after forming the thin film magnetic head 29 as a recording head on shielded type GMR head 25, the \*\*\*\* discrete-type magnetic head is completed by performing machining to a slider configuration, and a head gimbal assembly.

[0046] The magnetization free layer 18, i.e., the 2nd ferromagnetic, is made to exist in the opposite-side bottom in a substrate 11 in GMR head 25 of the operation form mentioned above. For this reason, removal of the magnetization free layer of the both-ends lateral part which is needed when acquiring a good off-track property (low reproduction fringe) to the 1st and which separated from the regenerative track can be carried out, without deleting the spin bulb GMR film 14 extensively. The structure which moreover left some electric

conduction films to the both-ends lateral part is realizable. Consequently, the electric contact stabilized through the electric conduction film made to remain is secured, it is stabilized, and small contact resistance becomes realizable.

Therefore, resistance of the GMR reproduction element 22 whole can be reduced, and in order to raise reproduction sensitivity, even if it switches on big sense current, it is hard coming to receive the influence of a thermal noise.

[0047] Since what is necessary is to \*\*\*\*\* only the 2nd ferromagnetic 18 which is a magnetization free layer at least to the 2nd, the amount of etching can be lessened and the improvement in precision of etching can be expected to it. In the 2nd ferromagnetic 18 which hits [ 3rd ] in early stages of etching advance in the lower part in which etching advances compared with what the taper of the spin bulb GMR film 14 tends to become loose to, a taper becomes \*\*\*\*. Therefore, the taper field leading to [ of a Barkhausen noise ] generating can be made small. It becomes possible to be stabilized and to suppress a Barkhausen noise as the result.

[0048] A bias magnetic field can be given to the 4th from the hard magnetic film 20 to the 2nd ferromagnetic 18, without contacting the edge wall surface of the 1st ferromagnetic 16 which is a magnetization fixing layer to the hard magnetic film 20. Therefore, after suppressing generating of a Barkhausen noise, the disclosure magnetic field which joins a magnetization fixing layer from the hard magnetic film 20 can be suppressed. Thereby, the problem that magnetization of the 1st ferromagnetic 16 will incline in the direction of a disclosure magnetic field of the hard magnetic film 20 is avoidable. The magnetization direction of the 1st ferromagnetic 16 is stabilized and fixed crosswise [ of the spin bulb GMR film 14 ] (the inflow direction of a signal magnetic field), and good alignment responsibility is obtained.

[0049] Reproducing characteristics with a S/N ratio good [ GMR head 25 \*\* of this operation gestalt and an off-track property are good, and ] since it has the feature of \*\* that alignment responsibility with few Barkhausen noises and thermal noises with a small reproduction fringe is good are realizable.

[0050] The operation gestalt mentioned above explained the case where the spin bulb GMR film 14 was constituted from a fundamental magnetic multilayer which consists of the antiferromagnetism film 15, the 1st ferromagnetic 16, a nonmagnetic membrane 17, and the 2nd ferromagnetic 18. According to the component of each class etc., the layer of further others can be added to the magnetic multilayer which constitutes the spin bulb GMR film 14.

[0051] For example, with the spin bulb composition of this invention which reversed the laminated structure compared with the conventional spin bulb structure which carried out laminating formation of a magnetization free layer, a nonmagnetic membrane, a magnetization fixing layer, and the antiferromagnetism film at order, when the antiferromagnetism film 15 of metal systems, such as an IrMn alloy and a FeMn alloy, is only used, there is a possibility that the bias magnetic field from the antiferromagnetism film 15 to the 1st ferromagnetic 16 may become weaker. Then, as shown, for example in drawing 5, it is the antiferromagnetism film 15. Stability of a fcc phase (111) It is a ferromagnetic 16 to a crystal stacking tendency and a pan. In order to raise the stability of a fcc phase, it is desirable to form the ground film 32 of the antiferromagnetism film 15. although Ta, Zr, Nb, Hf, etc. may be used as a ground film 32 -- especially -- The NiFe alloy which has a fcc phase, a NiFeX alloy (it is chosen out of X:Cr, and Nb, Ta, Zr, Hf, W, Mo, V, Ti, Rh, Ir, Cu, Au, Ag, Mn, Re and Ru at least one sort of elements), a CuNi alloy, etc. are desirable. Thickness of this ground film 32 It is desirable to be referred to as about 1-20nm.

[0052] Ir formed through the ground film 32 especially described above 5 - 40 % of the weight The antiferromagnetism film 15 which consists of an IrMn alloy contained in the range is the blocking temperature TB to which a bias magnetic field disappears. While excelling in 473K or more and thermal resistance, it is desirable from a high bias magnetic field being acquired. Thickness of the antiferromagnetism film 15 which consists of an IrMn alloy It is desirable to be referred to as about 3-30nm. A possibility that sufficient bias magnetic field will not be acquired if thinner than this, and diverging of the sense current to the antiferromagnetism film 15 will increase if thicker than this, and resistance rate of change may fall is large.

[0053] When using electrical conducting materials, such as an IrMn alloy and a FeMn alloy, for the antiferromagnetism film 15, etching removal of the both-ends lateral part of the regenerative track of the spin bulb GMR film 14 may be carried out to the state where some antiferromagnetism films [ at least ] 15 remain, like the 2nd modification shown in drawing 5, and you may carry out the laminating of the hard magnetic film 20 on the antiferromagnetism film 15 which has conductivity. Since there is no possibility that an electric conduction film may disappear even if it gives etching which reaches even the antiferromagnetism film 15, it is stabilized and can leave an electric conduction film. Therefore, the contact resistance of the electrode 21 and the spin bulb

GMR film 14 containing the hard magnetic film 20 can be reduced with sufficient repeatability.

[0054] What is necessary is on the other hand, just to make only both the 1st ferromagnetic 16 and the nonmagnetic membrane 17, or the 1st ferromagnetic 16 exist in the hard magnetic-film 20 bottom as an electric conduction film in the spin bulb GMR film 14, as shown in drawing 1, when using insulating NiO etc. for the antiferromagnetism film 15. The electrode 21 and the spin bulb GMR film 14 which contain the hard magnetic film 20 by this compared with the electric contact by the conventional wall surface can be contacted electrically good.

[0055] Moreover, it is thickness, in order to lean the c axis to film surface inboard if possible and to attain high coercive force-ization to the hard magnetic-film 20 down side which consists of a CoPt alloy etc., as shown in drawing 5 for example. It is desirable to form the ground film 33 which consists of about 1-20nm Cr, V, a CrV alloy, a FeCo alloy, etc.

[0056] In order to increase the exchange bias magnetic field from the antiferromagnetism film 15 to the 1st ferromagnetic 16, you may insert the magnetic film which has these middle lattice constants in the interface of the antiferromagnetism film 15 and the 1st ferromagnetic 16 which is a magnetization fixing layer. A CoFePd alloy etc. is mentioned, when the antiferromagnetism film 15 is a FeMn alloy, for example and the 1st ferromagnetic 16 is a CoFe alloy as such a magnetic film. the case where Co system alloys, such as a CoFe alloy and a CoFeB alloy, are used for the 1st ferromagnetic 16 and 2nd ferromagnetic 18 -- between the antiferromagnetism films 15 -- for example, -- You may insert the ultra-thin layer of the NiFe system of the thickness of about 0.5-3nm. The ultra-thin layer of a NiFe system is Co system alloy. A fcc phase is stabilized and the coercive force of Co system alloy is reduced. Therefore, it becomes easy to obtain a high sensitivity reproduction output without a Barkhausen noise.

[0057] Furthermore, thickness it is thin from nickel, nickel system alloy, etc. between the antiferromagnetism film 15 and the 1st ferromagnetic 16 like the 3rd modification shown, for example in drawing 6 The magnetic layer 34 of about 0.5-5nm may be inserted, and the diffusion barrier layer 35 may be established between the 1st ferromagnetic 16 and a magnetic layer 34. The diffusion barrier layer 35 makes film growth of the 1st ferromagnetic 16 or a nonmagnetic membrane 17 turn precisely. In order to obtain big resistance rate of change, a stable interface is thermally realizable between the 1st indispensable



ferromagnetic 16 and indispensable nonmagnetic membranes 17 with this. The diffusion barrier layer 35 once introduces slight oxygen (about 1-10 SCCMs) into spatter atmosphere, after forming a magnetic layer 34 by the spatter etc. (about 1 - 300 seconds), and switched connection commits the front face of a magnetic layer 34. It can form by oxidizing by the thickness of 3nm or less. The processings for forming the diffusion barrier layer 35 may be nitriding treatment, fluoride processing, carbonization processing, etc. Or after forming a magnetic layer 34, air opening may once be carried out, and you may form membranes after that.

[0058] in addition, the interface which touches a nonmagnetic membrane 17 in using Cu for a nonmagnetic membrane 17, using the alloy which contains many nickel, such as a NiFe alloy, in the 1st ferromagnetic 16 and 2nd ferromagnetic 18 -- for example, -- It is desirable to insert very thin Co or Co system alloy film about 1.5nm or less. Thereby, diffusion between nickel and Cu can be prevented and resistance rate of change and thermal resistance can be secured.

[0059] On the 2nd ferromagnetic 18, as shown in drawing 5 , the soft-magnetism assistant film 36 is formed if needed. When using the alloy which contains many good nickel of a soft magnetism in the 2nd ferromagnetic 18 which is a magnetization free layer, the soft-magnetism assistant layer 36 is not necessarily required. In using Co system alloys, such as a CoFe alloy a NiFe alloy and NiFeX (X:Cr, and Nb, Ta, Zr, Hf and W --) It is being chosen out of Mo, V, Ti, Rh, Ir, Cu, Au, Ag, Mn, Re, and Ru that it is few. Crystalline-substance magnetism alloys, such as one sort of element alloys, It is desirable to form the soft-magnetism assistant film 36 which consists of carbonization microcrystal alloys, such as nitriding microcrystal alloys, such as amorphous magnetism alloys, such as a CoZrNb system, a CoFeRe system, and a CoFeAlO system, FeZrN, and CoFeTaN, CoNbC, and FeTaV, or these cascade screens.

[0060] The soft-magnetism assistant film 36 demonstrates an effect to improvement in the soft magnetism of the 2nd ferromagnetic 18 which consists of a Co system alloy. Thickness of the soft-magnetism assistant film 36 It is desirable to be referred to as about 1-15nm. It is desirable to use the magnetic film of high resistance for the soft-magnetism assistant film 36, when suppressing diverging of sense current and maintaining high resistance rate of change. It is desirable to specifically use the magnetic film of 50 or more microomegacm.

[0061] Concerning the configuration of the hard magnetic film 20 and an electrode 21, when shown below, the interval of the hard magnetic film 20 of a couple and the interval of the electrode 21 of a couple are about in agreement.

After this forms the hard magnetic film 20 and an electrode 21 continuously and removes this resist mask, using the resist mask used for patterning of the spin bulb GMR film 14 as it is (the so-called lift off), it is the case where formed the resist mask set by the electrode configuration, and it \*\*\*\*\*s by ion milling etc. Under the present circumstances, the above-mentioned interval serves as regenerative-track width of face mostly.

[0062] On the other hand, rather than the interval of the hard magnetic film 20 of a couple, the interval of an electrode 21 can be made large and the hard magnetic film 20 can also be used as a part of electrode by about 14 spin bulb GMR film. For example, by dissociating and performing formation of the hard magnetic film 20 and an electrode 21, as shown in drawing 7, the interval of the electrode 21 of a couple may be made larger than the interval of the hard magnetic film 20 of a couple, and the electrode 21 of a couple may be retreated from a medium opposite side.

[0063] Since the electrode 21 is formed in the part which retreated from the medium opposite side according to such composition, the direct electrode 21 is not exposed to the machining process which exposes the spin bulb GMR film 14 to a medium opposite side. Soft low electrical resistance materials, such as Cu and Au, are used for an electrode 21, the configuration by the side of the medium opposite side (ABS) of an electrode 21 spreads by the potato and polish, and electrode degradation of causing poor insulation with the magnetic-shielding layers 12 and 24 can be avoided. In this case, since the hard magnetic film 20 serves also as an electrode by about 14 spin bulb GMR film, in order to lower resistance of the hard magnetic film 20 as much as possible, it is desirable to increase the thickness. The thickness of the hard magnetic film 20 has about 40-100 desirablenm. Next, the operation gestalt of the GMR head which applied the 2nd magnetoresistance-effect element of this invention is explained with reference to drawing 8. Drawing 8 is the cross section showing the important section of the GMR head of this operation gestalt. In addition, the whole GMR head 25 structure is as having been shown in drawing 1. Furthermore, when it constitutes the \*\*\*\* discrete-type magnetic head with the application of the 2nd magnetoresistance-effect element of this invention in the reproduction element section, the whole structure becomes being the same as that of

drawing 1 .

[0064] In the GMR head which shows an important section to drawing 8 , the spin bulb GMR film 14 is constituted like the above-mentioned by the magnetic multilayer which has the ground film 32 by which the laminating was carried out from the substrate side at order, the antiferromagnetism film 15, the 1st ferromagnetic 16, a nonmagnetic membrane 17, the 2nd ferromagnetic 18, the soft-magnetism assistant film 36, and a protective coat 19. In addition, the ground film 32, the soft-magnetism assistant film 36, and protective coat 19 grade are formed among these if needed. Furthermore, it is possible to make layers other than these intervene as well as the operation gestalt mentioned above.

[0065] It is the thickness  $t_1$  of the portion in which the 2nd ferromagnetic 18 is equivalent to a magnetic field detecting element (regenerative track) in the GMR head of this operation form. It compares and is the thickness  $t_2$  of the both-ends lateral part of a regenerative track. It is set up thinly. The bias magnetic field grant film 37 is the thickness  $t_2$  of the 2nd ferromagnetic 18. Portion  $t_2$ , i.e., thickness, Laminating formation is carried out on the both-ends lateral part of the regenerative track which it has. In other words, the 2nd ferromagnetic 18 is the thickness  $t_1$  of the portion equivalent to a magnetic field detecting element. Thickness  $t_2$  of a portion which compares and hits the bias magnetic field grant film 37 bottom It is set up thinly. Laminating formation of the electrode 21 is carried out on the bias magnetic field grant film 37.

[0066] When it constitutes a magnetization free layer from a cascade screen of the 2nd ferromagnetic 18 and the soft-magnetism assistant film 36, you may make the thickness of this cascade screen the both-ends lateral part of the regenerative track which hits the bias magnetic field grant film 37 bottom become thin compared with the portion equivalent to a magnetic field detecting element. In addition, about the composition of those other than spin bulb GMR film 14, it considers as the same composition as the operation form mentioned above.

[0067] In the GMR head of this operation form, in order to \*\*\*\*\* the both-ends lateral part of a regenerative track only to a part of 2nd ferromagnetic 18 which is a magnetization free layer, the amount of etching becomes small. Therefore, you may apply not only ion milling but easier reverse sputtering etch to etching.

[0068] The hard magnetic film which has the conductivity of the

antiferromagnetism film which has the conductivity of for example, a NiMn alloy, a FeMn alloy, an IrMn alloy, a PdPtMn alloy, a RhMn alloy, a RuMn alloy, a PtMn alloy, a CrMnPt alloy, etc., or a CoPt alloy is used for the bias magnetic field grant film 37. Furthermore, it is possible to apply the cascade screen 28 of a ferromagnetic 26 and the antiferromagnetism film 27 to the bias magnetic field grant film 37 as well as the structure shown in drawing 3 .

[0069] It is the thickness when applying an antiferromagnetism film to the bias magnetic field grant film 37. It is desirable to be referred to as 3-70nm. In the case of a FeMn alloy, it is to more specifically be referred to as 25nm or more in the case of a NiMn alloy. In the case of 5nm or more and an IrMn alloy In the case of 3nm or more and a PdPtMn alloy It is desirable to be referred to as 5nm or more when obtaining the stable exchange bias.

[0070] Here, an IrMn alloy is taken for an example at drawing 9 , and the relation of the thickness of a magnetic film and exchange bias which give exchange bias by the antiferromagnetism film is shown. Drawing 9 shows that exchange bias improves rapidly, when the thickness of a magnetic film decreases. The same is said of other antiferromagnetism films. Therefore, exchange bias can be increased by making thin thickness of the magnetization free layer 18 which exists in the antiferromagnetism film bottom as a bias magnetic field grant film 37, i.e., the 2nd ferromagnetic, and the cascade screen of the 2nd ferromagnetic 18 and the soft-magnetism assistant film 36 in the both-ends lateral part of a regenerative track.

[0071] Specifically, it is the magnetization free layer thickness of the antiferromagnetism film bottom as a bias magnetic field grant film 37. It is desirable to be referred to as about 2-5nm. Consequently, magnetization change directly under an antiferromagnetism film (37) by the signal magnetic field from a medium can be made in general into zero, and it becomes possible to realize reduction of a reproduction fringe. Moreover, a moderate bias magnetic field is given to the 2nd ferromagnetic 18 as a magnetization free layer, it is stabilized and a Barkhausen noise can be suppressed.

[0072] When using an antiferromagnetism film as a bias magnetic field grant film 37, it is desirable for a lattice constant to insert these middle ferromagnetics or antiferromagnetism films between this antiferromagnetism film, the 2nd ferromagnetic 18, or the soft-magnetism assistant film 36 when increasing the intensity of exchange bias. For example, when using a CoFe alloy for the 2nd ferromagnetic 18 and using a FeMn alloy for the antiferromagnetism film as a

bias magnetic field grant film 37, it is desirable to insert the middle ferromagnetic which added alloying elements, such as Pd, to CoFe and brought the lattice constant close to a FeMn alloy.

[0073] Magnetic thickness of the magnetization free layer to which the magnetic thickness (product of residual magnetization  $M_r$  and Thickness  $t$  ( $M_r t$ )) which doubled the hard magnetic film and the magnetization free layer (cascade screen of the 2nd ferromagnetic 18, or the 2nd ferromagnetic 18 and the soft-magnetism assistant film 36) which exists in the bottom exists in the hard magnetic-film bottom on the other hand in applying a hard magnetic film to the bias magnetic field grant film 37 It is desirable that it is more than double precision. This is because magnetization of a hard magnetic film destabilizes according to the reaction from a magnetization free layer (specifically fall of coercive force) and it becomes inadequate stabilizing [ of magnetization of the magnetization free layer by switched connection with a hard magnetic film ], when the magnetic thickness of a magnetization free layer increases relatively.

In other words, by making thin thickness of the magnetization free layer which exists in the hard magnetic-film bottom as a bias magnetic field grant film 37, magnetization of the magnetization free layer in the portion is fully stabilized, and can reduce a reproduction fringe. It is the same when the bias magnetic field grant film 37 is the cascade screen 28 of a ferromagnetic 26 and the antiferromagnetism film 27.

[0074] for example, -- the case where the thickness of a CoPt alloy film is [ the thickness of 18nm and a CoFe alloy film ] 10nm when the case where a CoFe alloy ( $M_r=1.8T$ ) is used as 2nd ferromagnetic 18 is taken for an example, using a CoPt alloy ( $M_r=1T$ ) as a bias magnetic field grant film 37 -- the value of  $M_r t$  -- a both simultaneously -- it becomes the same coercive force 1500Oe in a CoPt monolayer Carry out a laminating to a CoFe alloy film. 700Oe Abbreviation Although it falls even to one half, the thickness of a CoFe alloy film is set to  $M_r t=2$ . the coercive force at the time of carrying out a laminating to a CoFe alloy film, when 4nm (CoPt \*\* is the same) -- 1050Oe(s) it is -- the fall of coercive force is not so remarkable As a bias magnetic field grant film 37, as shown in drawing 3 , you may use the cascade screen of an antiferromagnetism film and a ferromagnetic.

[0075] When using a hard magnetic film as a bias magnetic field grant film 37, the c axis of Co system hard magnetic film carries out orientation to a film surface perpendicular direction by the epitaxial crystal growth from the 2nd

ferromagnetic 18, and there is a possibility that the coercive force of a hard magnetic film may decline. In this case, thickness in the middle of the 2nd ferromagnetic 18 and the hard magnetic film as a bias magnetic field grant film 37 It is desirable to insert the amorphous layer which is about 1-10nm, and to suppress the fall of the coercive force of a hard magnetic film. This layer is thickness. It is about 5nm Cr film. Thickness among this Cr film It is amorphous and an about 2nm initial layer is on it. About 3nm becomes a crystal layer.

[0076] In the GMR head of the 2nd operation gestalt mentioned above, the disorder of the ground front face of a spin bulb film based on patterning of the bias magnetic field grant film from which the magnetization free layer had become a problem by the conventional spin bulb film which exists in a substrate side can be prevented. Therefore, the stable spin bulb film property is realizable.

[0077] Moreover, by the bias magnetization grant film which increase of the exchange bias force becomes from a hard magnetic film by the bias magnetization grant film which consists of an antiferromagnetism film, increase of coercive force is expectable by making thickness of the magnetization free layer of the switched connection field in the both-ends lateral part of a regenerative track thinner than a magnetic field detecting element. Therefore, magnetization fixing of the magnetization free layer in the target track edge is stabilized more, and it becomes easy to suppress [ of a Barkhausen noise ] it.

Furthermore, also in grant of the bias magnetic field by the hard magnetic film, since there is no contact on a direct wall surface with a magnetization fixing layer, the bad influence that the magnetization direction of a magnetization fixing layer is disturbed by the disclosure magnetic field from a hard magnetic film decreases. Consequently, there is no Barkhausen noise and reproduction excellent in alignment responsibility can be realized.

[0078] Next, the operation form of the GMR head which applied the 3rd magnetoresistance-effect element of this invention is explained with reference to drawing 10 . Drawing 10 is the cross section showing the important section of the GMR head of this operation form. In addition, the whole GMR head 25 structure is as having been shown in drawing 1 . Furthermore, when it constitutes the \*\*\*\* discrete-type magnetic head with the application of the 3rd magnetoresistance-effect element of this invention in the reproduction element section, the whole structure becomes being the same as that of drawing 1 .

[0079] In the GMR head which shows an important section to drawing 10 , the

spin bulb GMR film 14 is constituted from a substrate side like the operation form mentioned above by the magnetic multilayer which has the antiferromagnetism film 15 by which the laminating was carried out to order, the 1st ferromagnetic 16, a nonmagnetic membrane 17, the 2nd ferromagnetic 18, and a protective coat 19. In addition, it is possible to make layers other than these intervene as well as the operation form mentioned above.

[0080] In both the lateral parts that separated from the magnetic field detecting element on the spin bulb GMR film 14 (regenerative track), the antiferromagnetism film is prepared as a bias magnetic field grant film 37 of a couple on the 2nd ferromagnetic 18. The antiferromagnetism film with which blocking temperature differs is used for the bias magnetic field grant film 37 in the antiferromagnetism film 15. Like the 2nd operation form mentioned above, the portion by which laminating formation of the bias magnetic field grant film 37 is carried out \*\*\*\*\*s the both-ends lateral part of a regenerative track to a part of 2nd ferromagnetic 18, and may form the ferromagnetic same as a ground film of the bias magnetic field grant film 37 as the 2nd ferromagnetic 18 for the part to which this thickness decreased.

[0081] As for the thickness of the 2nd ferromagnetic 18, it is desirable to set it as the thickness which can increase the exchange bias from the bias magnetic field grant film 37 like the 2nd operation form mentioned above. Specifically, it is the thickness of the 2nd ferromagnetic 18. It is desirable to be referred to as about 2-10nm. Moreover, it is desirable to suppose that it is the same as that of the 2nd operation form also with the thickness of the antiferromagnetism film as a bias magnetic field grant film 37.

[0082] The electrode 21 of a couple is formed on the high resistance protective coat 38 by which the high resistance protective coat 38 which consists of Ti etc. is formed on the spin bulb GMR film 14 and the bias magnetic field grant film 37. Patterning of the interval of the electrode 21 of a couple is carried out so that it may become narrower than the interval of the bias magnetic field grant film 37 of a couple. In patterning by ion milling, RIE, etc. of this electrode 21, the high resistance protective coat 38 functions as an etching stopper. Thereby, over-etching of the spin bulb GMR film 14 can be prevented.

[0083] When the interval of the electrode 21 of a couple is made narrower than the interval of the bias magnetic field grant film 37 of a couple, the width of recording track is specified at intervals of the electrode 21 of a couple. In such structure, since an about 37 bias magnetic field grant film low sensitivity field is

removed, a high sensitivity reproduction output can be obtained by the \*\* width of recording track. In addition, an electrode 21 may be formed simultaneously with membrane formation of the bias magnetic field grant film 37, and lift-off patterning of these may be carried out. In this case, the interval of the electrode 21 of the bias magnetic field grant film 37 of a couple and a couple becomes almost equal. In the GMR head of the 3rd operation form mentioned above, disorder of the ground of a spin bulb film based on patterning of the bias magnetic field grant film from which the magnetization free layer had become a problem by the conventional spin bulb film which exists in a substrate side can be prevented. Furthermore, the high resistance protective coat 38 can protect over-etching of the spin bulb GMR film 14 at the time of carrying out patterning of the electrode 21 etc. Therefore, the stable spin bulb film property is realizable.

[0084] Moreover, the exchange bias force from the bias magnetization grant film 37 which consists of an antiferromagnetism film can be increased by making thin thickness of the 2nd ferromagnetic 18 which is a magnetization free layer.

Therefore, magnetization of a magnetization free layer is stabilized and a Barkhausen noise is suppressed. Consequently, there is no Barkhausen noise and reproduction excellent in alignment responsibility can be realized.

[0085] In addition, although each operation form mentioned above explained the case where the magnetoresistance-effect element of this invention was applied to the reproduction element section of the \*\*\*\* discrete-type magnetic head, the magnetoresistance-effect element of this invention is not restricted to this. For example, the magnetoresistance-effect element of this invention is applicable about other head structures, such as the \*\*\*\* one apparatus magnetic head which shares the magnetic yoke of a couple between a recording head and the reproducing head.

[0086] Next, the operation form which applied the magnetoresistance-effect element of this invention to magnetic storage, such as magnetoresistance-effect memory (MRAM), i.e., the operation form of the magnetic storage of this invention, is explained.

[0087] Drawing 11 is drawing showing the composition of 1 operation form of MRAM using the huge magnetoresistance effect (GMR). MRAM40 shown in this drawing has the spin bulb GMR film 42 formed on the substrates 41, such as a glass substrate and Si substrate. The spin bulb GMR film 42 has a reversal laminated structure like the GMR head of each operation form mentioned above,



and has the bias magnetic field grant film 43 of the couple formed on the both-ends lateral part of the regenerative track. The laminated structure of the spin bulb GMR film 42 and the bias magnetic field grant film 43 etc. is made to be the same as that of the structure shown in drawing 2 , drawing 3 , drawing 5 , drawing 6 , drawing 8 , drawing 9 , etc.

[0088] It writes in the upper part of the spin bulb GMR film 42 through an insulating layer 44, and the electrode 45 is formed in it. Moreover, the read-out electrode 46 of a couple is formed in the both ends of the spin bulb GMR film 42, and sense current is supplied to the spin bulb GMR film 42 from the read-out electrode 46 of this couple. In addition, 47 in drawing is a read-out auxiliary electrode.

[0089] The writing and read-out of information in above-mentioned MRAM40 are performed as follows, for example. First, informational writing passes current to the write-in electrode 45, impresses an external magnetic field, and is performed by making the magnetization direction of a magnetization fixing layer into the direction corresponding to "1" or "0."

[0090] Read-out of storage information is in the state which passed sense current from the read-out electrode 46, passes the pulse current of positive/negative to the write-in electrode 45, and reverses the magnetization direction of a magnetization free layer by the current magnetic field. The magnetization direction of a magnetization free layer is fixed irrespective of "1" of a magnetization fixing layer, and "0" to the positive/negative of the write-in electrode 45. the time of on the other hand the pulse current of the write-in electrode 45 being positive by the magnetization direction of the magnetization fixing layer 50 memorized as "1" or "0" -- the time of parallel [ the magnetization direction of the vertical ferromagnetism layer of the spin bulb GMR film 42 ], and negative -- anti-parallel -- or the time of the pulse current of the write-in electrode 45 being negative -- the time of parallel [ the magnetization direction ] and positive -- anti- -- it is decided whether to be parallel Therefore, when a pulse current positive -> negative [ for example, ] is passed to the write-in electrode 45, "1" of a magnetization fixing layer or "0" is distinguished for resistance of sense current by size -> smallness and smallness -> size.

[0091] The bias magnetic field grant film 43 in MRAM40 controls the size of the magnetic field which the flux reversal of the magnetization free layer when passing the pulse current of positive/negative to the write-in electrode 45

produces, and suppresses the noise accompanying the irregular flux reversal in the state where the magnetic domain was formed. Here, about a bias magnetization grant film, corresponding to high integration, it is a thinner film, and it is important to acquire sufficient bias force to suppress the increase of an anti-magnetic field accompanying a minute cell size. Since sufficient bias force is acquired according to the bias magnetic field grant film by this invention as each operation form mentioned above described in detail, MRAM40 enables realization of high integration.

[0092]

[Effect of the Invention] As explained above, after suppressing a reproduction fringe and a Barkhausen noise according to the magnetoresistance-effect element of this invention, reduction of contact resistance, the suppression with a poor insulation, good alignment responsibility, etc. become realizable.

Therefore, according to the magnetic head, the magnetic-recording reproducing head, and magnetic storage of this invention using such a magnetoresistance-effect element, a good operating characteristic etc. can be acquired.

#### \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

#### DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the cross section showing the structure of 1 operation gestalt

of the \*\*\*\* discrete-type magnetic head which applied the 1st magnetoresistance-effect element of this invention to the reproduction element section.

[Drawing 2] It is the cross section expanding and showing the magnetoresistance-effect element section which is an important section of the \*\*\*\* discrete-type magnetic head shown in drawing 1 .

[Drawing 3] It is the cross section showing the 1st modification of the magnetoresistance-effect element shown in drawing 2 .

[Drawing 4] It is the plan of the magnetoresistance-effect element which is the important section of the \*\*\*\* discrete-type magnetic head shown in drawing 1 .

[Drawing 5] It is the cross section showing the 2nd modification of the magnetoresistance-effect element shown in drawing 2 .

[Drawing 6] It is the cross section showing the 3rd modification of the magnetoresistance-effect element shown in drawing 2 .

[Drawing 7] It is the plan showing the 4th modification of the magnetoresistance-effect element shown in drawing 2 .

[Drawing 8] It is the cross section showing the important section structure of 1 operation form of the magnetoresistance-effect head which applied the 2nd magnetoresistance-effect element of this invention.

[Drawing 9] It is drawing showing an example of the relation of the thickness of a magnetic film and exchange bias which give exchange bias by the antiferromagnetism film.

[Drawing 10] It is the cross section showing the important section structure of 1 operation form of the magnetoresistance-effect head which applied the 3rd magnetoresistance-effect element of this invention.

[Drawing 11] It is the cross section showing the important section structure of 1 operation gestalt of the magnetic storage which applied the magnetoresistance-effect element of this invention.

[Drawing 12] It is the cross section showing the example of 1 composition of the conventional magnetoresistance-effect head.

[Description of Notations]

11 .... Substrate

12 24 .... Magnetic-shielding layer

13 23 .... Reproduction magnetic gap

14 .... Magnetoresistance-effect film (GMR film)

15 .... Antiferromagnetism film

- 16 .... The 1st ferromagnetic
- 17 .... Nonmagnetic membrane
- 18 .... The 2nd ferromagnetic
- 20 .... Hard magnetic film of a couple
- 21 .... Electrode of a couple
- 22 .... GMR reproduction element
- 25 .... Shielded type GMR head
- 29 .... Thin film magnetic head
- 30 .... Record magnetic gap
- 31 .... Magnetic pole
- 37 .... Bias magnetic field grant film of a couple
- 40 .... MRAM
- 42 .... Spin bulb GMR film
- 43 .... Bias magnetic field grant film
- 45 .... Write-in electrode
- 46 .... Read-out electrode of a couple

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-124823

(43)公開日 平成10年(1998) 5月15日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

G 1 1 B 5/39

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平9-229736

(22)出願日 平成9年(1997) 8月26日

(31)優先権主張番号 特願平8-223481

(32)優先日 平8(1996) 8月26日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 岩崎 仁志

神奈川県川崎市幸区堀川町72 株式会社東芝  
芝川崎事業所内

(72)発明者 上口 裕三

神奈川県川崎市幸区堀川町72 株式会社東芝  
芝川崎事業所内

(72)発明者 福家 ひろみ

神奈川県川崎市幸区堀川町72 株式会社東芝  
芝川崎事業所内

(74)代理人 弁理士 須山 佐一

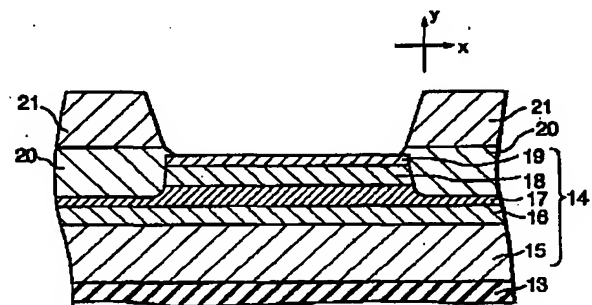
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気抵抗効果素子と、それを用いた磁気ヘッド、磁気記録再生ヘッドおよび磁気記憶装置

(57)【要約】

【課題】 磁気抵抗効果素子の再生フリッジやバルクハウゼンノイズを抑制した上で、接触抵抗の低減、絶縁不良の抑制、良好な線形応答性等を実現する。

【解決手段】 基板上に順に積層された反強磁性膜15、第1の強磁性膜16、非磁性膜17および第2の強磁性膜18を少なくとも有する巨大磁気抵抗効果を示す磁性多層膜からなり、少なくとも第2の強磁性膜18が磁界検出部に応じた形状を有する磁気抵抗効果膜14を具備する磁気抵抗効果素子である。一対のバイアス磁界付与膜20は、磁気抵抗効果膜14の磁界検出部の両端部外側部分で、磁性多層膜中の導電性を有する膜上にそれぞれ積層されている。あるいは、磁界検出部に相当する部分とそれより薄い膜厚を有する磁界検出部の両端部外側部分とを有する第2の強磁性膜を用い、この第2の強磁性膜の磁界検出部の両端部外側部分の上に一対のバイアス磁界付与膜を積層する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、

前記基板の主表面上に、前記基板側から順に積層された反強磁性膜、第 1 の強磁性膜、非磁性膜、および磁界検出部に配置された第 2 の強磁性膜を少なくとも含む、巨大磁気抵抗効果を示す磁性多層膜を有する磁気抵抗効果膜と、

前記磁界検出部の両端部に隣接され、前記磁性多層膜中の前記反強磁性膜、第 1 の強磁性膜および非磁性膜から選ばれる導電膜上にそれぞれ積層された一対のバイアス磁界付与膜と、

前記磁気抵抗効果膜に電流を供給する一対の電極とを具備することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】 請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子において、

前記バイアス磁界付与膜は、硬質磁性膜および強磁性膜と反強磁性膜との積層膜から選ばれる 1 種であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】 請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子において、

前記反強磁性膜は、IrMn 合金、RhMn 合金、RuMn 合金、PdPtMn 合金、CrMnPt 合金、FeMn 合金、NiMn 合金および PtMn 合金から選ばれる少なくとも 1 種の金属系反強磁性材料からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】 請求項 3 記載の磁気抵抗効果素子において、

前記反強磁性膜の下側に、fcc 相を有する金属膜が下地膜として形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】 請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子において、

前記第 1 の強磁性膜および前記第 2 の強磁性膜の少なくとも一方は、CoFe 合金からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 6】 請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子において、

前記反強磁性膜と第 1 の強磁性膜との間には、前記反強磁性膜と第 1 の強磁性膜の中間の格子定数を有する磁性膜が挿入されていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 7】 請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子において、

前記反強磁性膜と第 1 の強磁性膜との間には磁性膜が挿入されており、かつ前記第 1 の強磁性膜と前記磁性膜との間に拡散バリア層が設けられていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 8】 請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子において、

前記第 2 の強磁性膜上には軟磁性アシスト膜が形成され

ていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 9】 請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子において、

前記一対の電極の間隔は、前記一対のバイアス磁界付与膜の間隔より狭く設定されていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 10】 基板と、

前記基板の主表面上に、前記基板側から順に積層された反強磁性膜、第 1 の強磁性膜、非磁性膜および第 2 の強磁性膜を少なくとも含む巨大磁気抵抗効果を示す磁性多層膜を有し、かつ前記第 2 の強磁性膜が磁界検出部に相当する部分および前記磁界検出部に相当する部分より薄い膜厚を有する前記磁界検出部の両端部外側部分を有する磁気抵抗効果膜と、

前記第 2 の強磁性膜の前記磁界検出部の両端部外側部分の上にそれぞれ積層された一対のバイアス磁界付与膜と、

前記磁気抵抗効果膜に電流を供給する一対の電極とを具備することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 11】 請求項 10 記載の磁気抵抗効果素子において、

前記バイアス磁界付与膜は、反強磁性膜、硬質磁性膜および強磁性膜と反強磁性膜との積層膜から選ばれる 1 種であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 12】 請求項 11 記載の磁気抵抗効果素子において、

前記バイアス磁界付与膜は反強磁性膜であり、かつ前記第 2 の強磁性膜の前記磁界検出部の両端部外側部分の膜厚は 2～5nm の範囲であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 13】 請求項 11 記載の磁気抵抗効果素子において、

前記バイアス磁界付与膜は、前記硬質磁性膜または前記強磁性膜と反強磁性膜との積層膜であり、かつ前記バイアス磁界付与膜と前記第 2 の強磁性膜の前記磁界検出部の両端部外側部分とを合せた磁気的膜厚が前記第 2 の強磁性膜の前記磁界検出部の両端部外側部分の磁気的膜厚の 2 倍以上であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 14】 請求項 10 記載の磁気抵抗効果素子において、

前記反強磁性膜は、IrMn 合金、RhMn 合金、RuMn 合金、PdPtMn 合金、CrMnPt 合金、FeMn 合金、NiMn 合金および PtMn 合金から選ばれる少なくとも 1 種の金属系反強磁性材料からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 15】 請求項 14 記載の磁気抵抗効果素子において、

前記反強磁性膜の下側に、fcc 相を有する金属膜が下地膜として形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 16】 請求項 10 記載の磁気抵抗効果素子において、  
前記第 1 の強磁性膜および前記第 2 の強磁性膜の少なくとも一方は、CoFe 合金からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 17】 請求項 10 記載の磁気抵抗効果素子において、  
前記反強磁性膜と第 1 の強磁性膜との間には磁性膜が挿入されており、かつ前記第 1 の強磁性膜と前記磁性膜との間に拡散バリア層が設けられていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 18】 請求項 10 記載の磁気抵抗効果素子において、  
前記一対の電極の間隔は、前記一対のバイアス磁界付与膜の間隔より狭く設定されていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 19】 基板と、  
前記基板の主表面上に、前記基板側から順に積層された反強磁性膜、第 1 の強磁性膜、非磁性膜および第 2 の強磁性膜を少なくとも含む巨大磁気抵抗効果を示す磁性多層膜を有する磁気抵抗効果膜と、  
前記磁気抵抗効果膜の磁界検出部の両端部外側において、前記第 2 の強磁性膜上にそれぞれ積層された一対のバイアス磁界付与膜と、  
前記磁気抵抗効果膜に電流を供給する一対の電極とを具備することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 20】 請求項 19 記載の磁気抵抗効果素子において、  
第 2 の強磁性膜は 2~10nm の範囲の膜厚を有することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 21】 請求項 19 記載の磁気抵抗効果素子において、  
前記磁気抵抗効果膜および前記バイアス磁界付与膜上には高抵抗保護膜が形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 22】 請求項 19 記載の磁気抵抗効果素子において、  
前記一対の電極の間隔は、前記一対のバイアス磁界付与膜の間隔より狭く設定されていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 23】 請求項 19 記載の磁気抵抗効果素子において、  
前記バイアス磁界付与膜は反強磁性膜からなることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 24】 下側磁気シールド層と、  
前記下側磁気シールド層上に下側再生磁気ギャップを介して形成された、請求項 1、請求項 10 または請求項 19 記載の磁気抵抗効果素子と、  
前記磁気抵抗効果素子上に上側再生磁気ギャップを介して形成された上側磁気シールド層とを具備することを特

徴とする磁気ヘッド。

【請求項 25】 請求項 24 記載の磁気ヘッドを有する再生ヘッドと、  
前記磁気ヘッドの前記下側磁気シールド層と共通化された下側磁極と、前記下側磁極上に形成された記録磁気ギャップと、前記記録磁気ギャップ上に設けられた上側磁極とを有する記録ヘッドとを具備することを特徴とする磁気記録再生ヘッド。

【請求項 26】 請求項 1、請求項 10 または請求項 19 記載の磁気抵抗効果素子と、  
前記磁気抵抗効果素子の磁気抵抗効果膜に情報を記憶する書き込み電極と、  
前記磁気抵抗効果素子の前記電極からなる、前記磁気抵抗効果膜に記憶された情報を再生する読み出し電極とを具備することを特徴とする磁気記憶装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、巨大磁気抵抗効果を示す磁性多層膜を有する磁気抵抗効果素子と、それを用いた磁気ヘッド、磁気記録再生ヘッドおよび磁気記憶装置に関する。

【0002】

【従来の技術】HDD等の磁気記録装置では、記録密度の向上を図るために記録トラック幅を縮小する方向に進んでいる。この記録トラック幅の縮小に伴う再生出力の低下を補うために、高感度な磁気抵抗効果素子(MR素子)を適用した磁気ヘッド(MRヘッド)が必要となりつつある。特に、信号磁界に応じて磁化回転する強磁性膜(以下、磁化フリー層と記す)、非磁性膜、反強磁性膜からのバイアス磁界で磁化が固着された強磁性膜(以下、磁化固着層と記す)、および磁化固着層の磁化を固着するための反強磁性膜を順に積層した磁性多層膜からなる、巨大磁気抵抗効果を示すスピンバルブ膜を用いたMRヘッドが、次世代のMRヘッドとして有望視されている。

【0003】スピンバルブ膜を用いたMRヘッドでは、磁化フリー層の磁壁に起因するバルクハウゼンノイズや、再生トラックの両端部近傍での再生フリンジが実用化の上で大きな課題となっている。このような課題を解決するために、例えば図12の媒体対向面側より観察した断面図に示すように、スピンバルブ膜1の記録トラック幅から外れた両端部1a、1a外側をエッチングして取り除き、そこに硬質磁性膜2をそれぞれ配置した、いわゆるアバットジャンクション方式のMRヘッドが提案されている。

【0004】なお、図12に示すスピンバルブ膜1は基板3側から、上述したように磁化フリー層4、非磁性膜5、磁化固着層6および反強磁性膜7が順に積層されて構成されている。また、硬質磁性膜2上にはそれぞれスピンバルブ膜1にセンス電流を流すための一対の電極

(再生電極) 8が形成されている。

【0005】図12に示すアバットジャンクション方式のMRヘッドでは、硬質磁性膜2からのバイアス磁界で磁化フリー層4の磁区が消失してバルクハウゼンノイズが抑制される。また、記録トラック幅以外の部分は硬質磁性膜2に置き換えているため、記録トラックからの記録情報のみを読み取ることができる。よって、再生フリンジを著しく小さくすることができる。

【0006】しかし、スピバルブ膜1に上記したアバットジャンクション方式を適用したMRヘッドでは、以下に示すような問題が発生している。まず第1に、スピバルブ膜1の下側には、図示を省略したが、アルミナ等の非磁性絶縁体からなるギャップ膜が存在している。このため、再生電極8や硬質磁性膜2とスピバルブ膜1との接触が、主としてエッチング等で除去したスピバルブ膜1の壁面となる。従って、接触抵抗が増大したり、あるいは不安定になりやすいという問題がある。

【0007】第2に、スピバルブ膜1の両端部で磁化フリー層4をエッチングにより除去する際に、磁化フリー層4が最下部に存在しているため、どうしてもギャップ膜をオーバーエッチングしやい。このため、ギャップ膜の下側に存在する磁気シールド層との間で絶縁不良が生じやすいという問題がある。

【0008】第3に、スピバルブ膜1のエッチングにおいては、スピバルブ膜1の上部に比べて下部ほどテーパが緩やかになりやすい。このため、テーパ部で硬質磁性膜2と磁化フリー層4とが交換結合した領域が増大する。このようなテーパ部領域では交換バイアス力が不安定となるため、バルクハウゼンノイズが発生しやすくなる。

【0009】第4に、硬質磁性膜2の壁面と磁化固着層6の壁面とが必然的に接することになるため、磁化固着層6にも硬質磁性膜2からのバイアス磁界が加わる。このため、本来スピバルブ膜1の幅方向(信号磁界流入方向)に固着されるべき磁化固着層6の磁化が、硬質磁性膜2のバイアス方向(スピバルブ膜1の長手方向)に傾いてしまい、信号磁界に対する良好な線形応答が得られなくなるという問題を抱えている。

【0010】一方、硬質磁性膜や反強磁性膜等のバイアス磁界付与膜を、MR膜のエッジ部と直接積層して交換結合させ、これによりバルクハウゼンノイズを取り除くようにしたMRヘッドも提案されている。しかし、磁化フリー層上に磁化固着層等が存在する現行のスピバルブ膜では、硬質磁性膜や反強磁性膜等を基板側に設ける必要があり、これらのパターンニングによりスピバルブ膜を形成する下地の表面性が劣化する等の問題がある。

【0011】特に、安定した交換結合を得る上で硬質磁性膜や反強磁性膜を厚くする必要があるが、これらが厚い場合にはスピバルブ膜の下地の表面状態を劣化させないで、パターン形成することは非常に困難である。さ

らに、反強磁性膜では強い交換バイアスを得難く、硬質磁性膜では磁化フリー層からの反作用により保磁力が低下しやすいことから、トラック幅端部での安定した磁化固着が難しい。よって、再生フリンジの低減やバルクハウゼンノイズの抑制が不十分になりやすいという問題がある。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来のスピバルブ膜を用いたMRヘッドにおいて、アバットジャンクション方式ではその形状に由来して、接触抵抗の増大や不安定化、絶縁不良、硬質磁性膜と磁化フリー層との交換結合の不安定化等が生じやすいという問題がある。さらに、磁化固着層の磁化の傾きにより、信号磁界に対する良好な線形応答が得られないというような問題がある。

【0013】一方、硬質磁性膜や反強磁性膜等のバイアス磁界付与膜をスピバルブ膜と直接積層して交換結合させたMRヘッドでは、スピバルブ膜の下地の表面状態が劣化したり、トラック幅端部での安定した磁化固着が難しいことから、再生フリンジの低減やバルクハウゼンノイズの抑制が不十分になるという問題がある。

【0014】さらに、スピバルブ膜は磁気抵抗効果メモリ(MRAM)等の磁気記憶装置に適用することも検討されており、このような場合においても十分なバイアス力が求められている。

【0015】本発明はこのような課題に対処するためになされたもので、再生フリンジやバルクハウゼンノイズを抑制した上で、接触抵抗の低減、絶縁不良の抑制、良好な線形応答性等を実現した磁気抵抗効果素子、さらにはそのような磁気抵抗効果素子を用いることによって、特性を向上させた磁気ヘッド、磁気記録再生ヘッドおよび磁気記憶装置を提供することを目的としている。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明における第1の磁気抵抗効果素子は、請求項1に記載したように、基板と、前記基板の主表面上に、前記基板側から順に積層された反強磁性膜、第1の強磁性膜、非磁性膜、および磁界検出部に配置された第2の強磁性膜を少なくとも含む、巨大磁気抵抗効果を示す磁性多層膜を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁界検出部の両端部に隣接され、前記磁性多層膜中の前記反強磁性膜、第1の強磁性膜および非磁性膜から選ばれる導電膜上にそれぞれ積層された一対のバイアス磁界付与膜と、前記磁気抵抗効果膜に電流を供給する一対の電極とを具備することを特徴としている。

【0017】第2の磁気抵抗効果ヘッドは、請求項10に記載したように、基板と、前記基板の主表面上に、前記基板側から順に積層された反強磁性膜、第1の強磁性膜、非磁性膜および第2の強磁性膜を少なくとも含む巨大磁気抵抗効果を示す磁性多層膜を有し、かつ前記第2



の強磁性膜が磁界検出部に相当する部分および前記磁界検出部に相当する部分より薄い膜厚を有する前記磁界検出部の両端部外側部分を有する磁気抵抗効果膜と、前記第2の強磁性膜の前記磁界検出部の両端部外側部分の上にそれぞれ積層された一対のバイアス磁界付与膜と、前記磁気抵抗効果膜に電流を供給する一対の電極とを具備することを特徴としている。

【0018】第3の磁気抵抗効果素子は、請求項19に記載したように、基板と、前記基板の主表面上に、前記基板側から順に積層された反強磁性膜、第1の強磁性膜、非磁性膜および第2の強磁性膜を少なくとも含む巨大磁気抵抗効果を示す磁性多層膜を有する磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の磁界検出部の両端部外側において、前記第2の強磁性膜上にそれぞれ積層された一対のバイアス磁界付与膜と、前記磁気抵抗効果膜に電流を供給する一対の電極とを具備することを特徴としている。

【0019】本発明の磁気ヘッドは請求項24に記載したように、下側磁気シールド層と、前記下側磁気シールド層上に下側再生磁気ギャップを介して形成された、上述した本発明の磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子上に上側再生磁気ギャップを介して形成された上側磁気シールド層とを具備することを特徴としている。本発明の磁気記録再生ヘッドは請求項25に記載したように、上記した本発明の磁気ヘッドを有する再生ヘッドと、前記磁気ヘッドの前記下側磁気シールド層と共通化された下側磁極と、前記下側磁極上に形成された記録磁気ギャップと、前記記録磁気ギャップ上に設けられた上側磁極とを有する記録ヘッドとを具備することを特徴としている。

【0020】本発明の磁気記憶装置は、請求項26に記載したように、上述した本発明の磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子の磁気抵抗効果膜に情報を記憶する書き込み電極と、前記磁気抵抗効果素子の前記電極からなる、前記磁気抵抗効果膜に記憶された情報を再生する読み出し電極とを具備することを特徴としている。本発明の第1の磁気抵抗効果素子においては、基板側に反強磁性膜からバイアス磁界が印加されて磁化固着される第1の強磁性膜を配置し、基板とは反対側に磁化フリー層となる第2の強磁性膜を配置している。このため、磁界検出部の両端部外側の第2の強磁性膜を除去して、良好なオフトラック特性（低再生フリンジ）を得た上に、磁性多層膜中の導電性を有する膜の一部を磁界検出部（再生トラック）の両端部外側に残した構造が実現できる。これによって、安定した電氣的接触を確保することが可能となる。

【0021】さらに、反強磁性膜と第2の強磁性膜との交換結合を不安定にするテーパー領域を小さくすることができるため、バルクハウゼンノイズを安定して抑制することが可能となる。加えて、磁化固着層となる第1の強

磁性膜の端部壁面を、バイアス磁界付与膜と接触させることなく、第2の強磁性膜に対してバイアス磁界を付与することが可能となる。よって、バルクハウゼンノイズの発生を抑制した上で、良好な線形応答性を得ることができる。

【0022】本発明の第2の磁気抵抗効果ヘッドにおいては、基板側に反強磁性膜からバイアス磁界が印加されて磁化固着される第1の強磁性膜を配置し、基板とは反対側に磁化フリー層となる第2の強磁性膜を配置している。このため、バイアス磁界付与膜のパターニングでスピンバルブ膜の下地表面を乱す心配がなくなり、安定したスピンバルブ膜特性が実現できる。

【0023】また、第2の強磁性膜の磁界検出部の両端部外側部分の膜厚を、磁界検出部よりも薄くしている。従って、反強磁性膜からなるバイアス磁界付与膜では交換バイアス力の増大が期待できる。一方、硬質磁性膜からなるバイアス磁界付与膜では保磁力の増大が期待できる。これらによって、第2の強磁性膜の磁界検出部の両端部外側部分での磁化固着がより安定化され、バルクハウゼンノイズを抑制した上で、良好なオフトラック特性（低再生フリンジ）を得ることができる。さらに、磁化固着層である第1の強磁性膜の磁化方向が乱されることがないため、良好な線形応答性が実現可能となる。

【0024】本発明の第3の磁気抵抗効果ヘッドにおいては、基板側に反強磁性膜からバイアス磁界が印加されて磁化固着される第1の強磁性膜を配置し、基板とは反対側に磁化フリー層となる第2の強磁性膜を配置している。このため、バイアス磁界付与膜のパターニングでスピンバルブ膜の下地を乱す心配がなくなり、安定したスピンバルブ膜特性が実現できる。

【0025】また、第2の強磁性膜の膜厚を薄くすることによって、反強磁性膜からなるバイアス磁界付与膜では交換バイアス力の増大が期待できる。一方、硬質磁性膜からなるバイアス磁界付与膜では保磁力の増大が期待できる。これらによって、磁界検出部の両端部外側部分での第2の強磁性膜の磁化固着が安定化され、バルクハウゼンノイズを抑制した上で、良好なオフトラック特性（低再生フリンジ）を得ることができる。さらに、磁化固着層である第1の強磁性膜の磁化方向が乱されることがないため、良好な線形応答性が実現可能となる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施するための形態について説明する。

【0027】図1および図2は、本発明の第1の磁気抵抗効果素子を再生素子部に適用した録再分離型磁気ヘッドの一実施形態の構造を示す図である。図1は録再分離型磁気ヘッドを媒体対向面方向から見た断面図（x方向が記録トラック幅方向、y方向が記録トラックの進行方向で磁気抵抗効果素子の膜厚方向に対応）である。図2はその要部を拡大して示す断面図ある。

【0028】これらの図において、11は基板であり、この基板11としては $Al_2O_3$ 層を有する $Al_2O_3$ ・TiC基板等が用いられる。このような基板11の主表面上には、NiFe合金、FeSiAl合金、アモルファス $CoZrNb$ 合金等の軟磁性材料からなる下側磁気シールド層12が形成されている。下側磁気シールド層12上には $AlO_x$ 等の非磁性絶縁材料からなる下側再生磁気ギャップ13を介して巨大磁気抵抗効果を示す磁気抵抗効果膜(GMR膜)14が形成されている。

【0029】GMR膜14を構成する磁性多層膜は、図2に示すように、下側再生磁気ギャップ13上に順に積層形成された、反強磁性膜15、第1の強磁性膜16、非磁性膜17および第2の強磁性膜18を少なくとも有している。このGMR膜14はいわゆるスピンバルブGMR膜である。スピンバルブGMR膜14を構成する磁性多層膜のうち、第1の強磁性膜16はその下側に形成された反強磁性膜15からのバイアス磁界で磁化が固着された磁化固着層である。一方、第2の強磁性膜18は信号磁界等の外部磁界に応じて磁化回転する磁化フリー層である。なお、図中19はTaやTi等からなる保護膜であり、必要に応じて形成される。

【0030】第1の強磁性膜16の磁化は、反強磁性膜15により媒体対向面(紙面と平行)に対して概ね垂直方向(紙面に対して垂直方向)に固着することが好ましい。第2の強磁性膜18の磁化は、外部磁界が零の状態では概ねトラック幅方向に向いていることが好ましい。すなわち、第1の強磁性膜16の磁化方向と第2の強磁性膜18の磁化方向は略直交させることが好ましい。なお、第2の強磁性膜18は、後に詳述する一対の硬質磁性膜20からのバイアス磁界で、上記したように外部磁界が零の状態では概ねトラック幅方向に向いており、さらにこのバイアス磁界で磁区が消失している。

【0031】これら強磁性膜16、18には、Co、CoFe合金、CoFeB合金、NiFe合金、CoNi合金、NiFeCo合金等が用いられる。例えば、抵抗変化率の記録部形成プロセスでの耐熱性や長期信頼性を得るためには、CoFe等のCo系合金を用いることが好ましい。これら強磁性膜16、18の膜厚は、例えば第1の強磁性膜16は0.5~10nm程度とすることが、また第2の強磁性膜18は1~20nm程度とすることが好ましい。

【0032】第1および第2の強磁性膜16、18の間には、Cu、Au、Ag、およびそれらの合金等からなる非磁性膜17が介在されている。反強磁性膜15を含む各層15、16、17、18によって、スピンバルブGMR膜14の基本要素が構成されている。非磁性膜17の膜厚は例えば0.5~10nm程度とすることが好ましい。反強磁性膜15には、導電性のIrMn合金、RhMn合金、RuMn合金、PdPtMn合金、CrMnPt合金、FeMn合金、NiMn合金、PtMn合金

等、あるいは絶縁性のNiOや $CoO$ 等が用いられる。

【0033】上記した磁性多層膜からなるスピンバルブGMR膜14は、少なくとも第2の強磁性膜18が信号磁界等の外部磁界を検出する磁界検出部(再生トラック)に応じた形状を有している。言い換えると、少なくとも第2の強磁性膜18はx方向の長さが所望のトラック幅となるように、記録トラック幅から外れた両端部外側が除去された形状とされている。その上で、再生トラックの両端部外側部分の最上部に磁性多層膜中の導電性を有する膜が存在するように、磁性多層膜の膜厚方向の除去範囲が設定されている。再生トラックの両端部外側部分の最上部に位置する導電膜としては、非磁性膜17や第1の強磁性膜16が挙げられる。また、反強磁性膜15として導電性を有するIrMn合金やFeMn合金を用いる場合には、反強磁性膜15が最上部に位置する導電膜であってもよい。

【0034】第2の強磁性膜18以外の導電膜を再生トラックの両端部外側部分にそれぞれ存在させるためには、スパッタ法等で成膜した磁性多層膜に対してレジストマスクを用いたイオンミリング等を行って、少なくとも第2の強磁性膜18を除去すればよい。図2は、非磁性膜17の一部が残るように、磁性多層膜をエッチングした状態を示している。再生トラックの両端部外側部分の最上部には、非磁性膜17の一部が残存している。

【0035】そして、少なくとも第2の強磁性膜18が除去され、かつ最上部に導電膜が存在する再生トラックの両端部外側部分には、それぞれ磁性多層膜中の導電膜上に一対の硬質磁性膜20がバイアス磁界付与膜として積層形成されている。すなわち、導電性を有する非磁性膜17は硬質磁性膜20と接している。一対の硬質磁性膜20には例えばCoPt合金、CoNiCr合金等の導電性を有する硬質磁性材料が用いられ、その厚さは10~80nm程度とすることが好ましい。一対の硬質磁性膜20上には、それぞれCu、Au、Zr、Ta等からなる一対の電極21が形成されており、この一対の電極21によりスピンバルブGMR膜14にセンス電流が供給される。一対の電極21の間隔は一対の硬質磁性膜20の間隔より狭く設定してもよい。

【0036】上述したスピンバルブGMR膜14、一対の硬質磁性膜20および一対の電極21は、GMR再生素子22を構成している。GMR再生素子22上には、図1に示すように、下側再生磁気ギャップ13と同様な非磁性絶縁材料からなる上側再生磁気ギャップ23を介して、下側磁気シールド層12と同様な軟磁性材料からなる上側磁気シールド層24が形成されている。これらによって、再生ヘッドとしてのシールド型GMRヘッド25が構成されている。

【0037】バイアス磁界付与膜は硬質磁性膜20に限らず、例えば図3に示す第1の変形例のように、強磁性膜26上に反強磁性膜27を積層した積層膜28を適用

することも可能である。強磁性膜26と反強磁性膜27との積層順は逆でもよい。強磁性膜26にはNiFe合金やCo系合金等が用いられる。反強磁性膜27にはNiMn合金、FeMn合金、IrMn合金、PtMn合金等が用いられる。反強磁性膜27からの強い一方向性の交換結合バイアス磁界により強磁性膜26の磁化がしっかりと固着されるため、積層膜28は硬質磁性膜20と同様なバイアス磁界付与膜として機能する。

【0038】バイアス磁界付与膜中の反強磁性膜27とスピバルブGMR膜中の反強磁性膜15とは、バイアス磁界方向を概ね直交させることが望ましい。例えば、反強磁性膜27と反強磁性膜15とはブロッキング温度が異なるように選定し、磁界中熱処理を施すことにより、バイアス磁界方向を概ね直交させることができる。ブロッキング温度は材料、組成、成膜条件等で変えることができる。磁界中熱処理の条件の一例を以下に示す。

【0039】反強磁性膜27には、ブロッキング温度が503KのIrMn合金（膜厚5.5nm）を用い、反強磁性膜15にはブロッキング温度が653KのPtMn合金を用いる。まず、一方向磁界中（数10Oe、方向は媒体対向面垂直方向）にて523Kで5時間保持し、反強磁性膜15の磁化を媒体対向面垂直方向に固着する。次に、冷却過程において、反強磁性膜27と反強磁性膜15のブロッキング温度の中間の温度（～513K）で、磁界方向をトラック幅方向に向けて略90°回転させる。すると、冷却過程で反強磁性膜27のバイアス磁界により強磁性膜26の磁化はトラック幅方向に固着される。

【0040】シールド型GMRヘッド25上には、図1に示すように、記録ヘッドとして薄膜磁気ヘッド29が形成されている。薄膜磁気ヘッド29の下側記録磁極は、上側磁気シールド層24と同一の磁性層により構成されている。すなわちシールド型MRヘッド25の上側磁気シールド層24は、薄膜磁気ヘッド29の下側記録磁極を兼ねている。この上側磁気シールド層を兼ねる下側記録磁極24上には、AlO<sub>x</sub>等の非磁性絶縁材料からなる記録磁気ギャップ30と上側記録磁極31とが順に形成されている。図示を省略したが、媒体対向面より後方側には下側記録磁極24と上側記録磁極31に記録磁界を付与する記録コイルが形成されており、記録ヘッドとしての薄膜磁気ヘッド29が構成されている。

【0041】図2に要部を示したシールド型GMRヘッド25は、例えば以下のようにして作製される。

【0042】すなわち、まず下側再生磁気ギャップ13まで形成した基板11の主表面上に、スピバルブGMR膜14を構成する各膜を順次スパッタ法等で成膜する。次いで、フォトレジストマスクを形成してイオンミリング等でスピバルブGMR膜14を所定形状にエッチングする。このエッチングは少なくとも第2の強磁性膜18までを除去し、スピバルブGMR膜14を構成する磁性多層膜中の導電性を有するユニット膜の一部を

残す。

【0043】次に、スピバルブGMR膜14のエッチングに使用したフォトレジストを利用して、スピバルブGMR膜14の再生トラックの両端部外側部分に一对の硬質磁性膜20および電極21等をスパッタ法等により成膜する。フォトレジストはアセトン等の溶剤を用いて除去する。

【0044】次いで、硬質磁性膜20および電極21の形状に応じたフォトレジストマスクを形成し、これらを用いてイオンミリングする。これによって、例えば図4に示すようなパターンを形成する。硬質磁性膜20および電極21の下側には、スピバルブGMR膜14を構成する磁性多層膜中の導電膜が存在する。この後、上側再生磁気ギャップ23および上側磁気シールド層24を形成することにより、シールド型GMRヘッド25が完成する。

【0045】さらに、シールド型GMRヘッド25上に記録ヘッドとしての薄膜磁気ヘッド29を形成した後、スライダ形状への機械加工、ヘッドジンバルアッセンブリを行うことによって、録再分離型磁気ヘッドが完成する。

【0046】上述した実施形態のGMRヘッド25においては、基板11とは反対側の上側に磁化フリー層、すなわち第2の強磁性膜18を存在させている。このため、第1に良好なオフトラック特性（低再生フリンジ）を得る上で必要とされる、再生トラックから外れた両端部外側部分の磁化フリー層の除去を、スピバルブGMR膜14を全面的に削除することなく実施できる。その上で、導電膜の一部を両端部外側部分に残した構造が実現できる。その結果、残存させた導電膜を介して安定した電氣的接触が確保され、安定して小さな接触抵抗が実現可能となる。よって、GMR再生素子22全体の抵抗が低減でき、再生感度をアップするために大きなセンス電流を投入しても、サーマルノイズの影響を受けにくくなる。

【0047】第2に、少なくとも磁化フリー層である第2の強磁性膜18のみをエッチングすればよい。エッチング量を少なくでき、エッチングの精度向上が期待できる。第3に、エッチングが進行する下部では、スピバルブGMR膜14のテーパが緩やかになりやすいのに対して、エッチング進行の初期に当たる第2の強磁性膜18ではテーパが急峻になる。従って、バルクハウゼンノイズの発生要因となるテーパ領域を小さくすることができる。その結果として、バルクハウゼンノイズを安定して抑制することが可能となる。

【0048】第4に、磁化固着層である第1の強磁性膜16の端部壁面を硬質磁性膜20と接触させることなく、第2の強磁性膜18に対して硬質磁性膜20からバイアス磁界を付与することができる。従って、バルクハウゼンノイズの発生を抑制した上で、硬質磁性膜20か

ら磁化固着層に加わる漏洩磁界を抑制することができる。これにより、第1の強磁性膜16の磁化が硬質磁性膜20の漏洩磁界方向に傾いてしまうという問題が回避できる。第1の強磁性膜16の磁化方向はスピバルブGMR膜14の幅方向（信号磁界の流入方向）に安定して固着され、良好な線形応答性が得られる。

【0049】この実施形態のGMRヘッド25は、オフトラック特性が良好で再生フリンジが小さい、バルクハウゼンノイズやサーマルノイズが少ない、線形応答性が良好である、等の特徴を有することから、S/N比の良 10 好な再生特性を実現することができる。

【0050】上述した実施形態では、スピバルブGMR膜14を反強磁性膜15、第1の強磁性膜16、非磁性膜17および第2の強磁性膜18からなる基本的な磁性多層膜で構成した場合について説明した。スピバルブGMR膜14を構成する磁性多層膜には、各層の構成材料等に応じて、さらに他の層を追加することができる。

【0051】例えば、磁化フリー層、非磁性膜、磁化固着層および反強磁性膜を順に積層形成した従来のスピ 20 バルブ構造に比べて、積層構造を逆転させた本発明のスピバルブ構成では、IrMn合金やFeMn合金等の金属系の反強磁性膜15を単に用いると、第1の強磁性膜16への反強磁性膜15からのバイアス磁界が弱まるおそれがある。そこで、例えば図5に示すように、反強磁性膜15のfcc相の安定性や(111)結晶配向性、さらに強磁性膜16のfcc相の安定性を高めるために、反強磁性膜15の下地膜32を設けることが好ましい。下地膜32としては、Ta、Zr、Nb、Hf等を用いても 30 よいが、特にfcc相を有するNiFe合金、NiFeX合金(X:Cr、Nb、Ta、Zr、Hf、W、Mo、V、Ti、Rh、Ir、Cu、Au、Ag、Mn、Re、Ruから選ばれる少なくとも1種の元素)、CuNi合金等が望ましい。この下地膜32の膜厚は1~20nm程度とすることが好ましい。

【0052】特に、上記した下地膜32を介して形成した、Irを5~40重量%の範囲で含有するIrMn合金からなる反強磁性膜15は、バイアス磁界が消失するブ 40 ロッキング温度 $T_B$ が473K以上と耐熱性に優れると共に、高いバイアス磁界が得られることから望ましい。IrMn合金からなる反強磁性膜15の膜厚は3~30nm程度とすることが好ましい。これ以上薄いと十分なバイアス磁界が得られず、またこれ以上厚いと反強磁性膜15へのセンス電流の分流が増大して、抵抗変化率が低下するおそれ大きい。

【0053】反強磁性膜15にIrMn合金やFeMn合金等の導電材料を用いる場合には図5に示す第2の変形例のように、スピバルブGMR膜14の再生トラ 50 ックの両端部外側部分を反強磁性膜15の少なくとも一部が残る状態までエッチング除去し、硬質磁性膜20を導

電性を有する反強磁性膜15上に積層してもよい。反強磁性膜15にまで達するエッチングを施しても、導電膜が消失するおそれがないため、安定して導電膜を残すことができる。従って、硬質磁性膜20を含む電極21とスピバルブGMR膜14との接触抵抗を再現性よく低減することができる。

【0054】一方、反強磁性膜15に絶縁性のNiO等を用いる場合には、図1に示したように、硬質磁性膜20の下側にスピバルブGMR膜14中の導電膜として、第1の強磁性膜16および非磁性膜17の両方、あるいは第1の強磁性膜16のみを存在させればよい。これによって、従来の壁面による電氣的接触に比べて、硬質磁性膜20を含む電極21とスピバルブGMR膜14とを良好に電氣的に接触させることができる。

【0055】また、図5に示したように、例えばCoPt合金等からなる硬質磁性膜20の下側には、そのc軸を膜面内方向になるべく傾けて高保磁力化を図るために、厚さ1~20nm程度のCr、V、CrV合金、FeCo合金等からなる下地膜33を設けることが望ましい。

【0056】反強磁性膜15と磁化固着層である第1の強磁性膜16との界面には、反強磁性膜15から第1の強磁性膜16への交換バイアス磁界を増大させるために、これらの中間の格子定数を有する磁性膜を挿入してもよい。このような磁性膜としては、例えば反強磁性膜15がFeMn合金で、第1の強磁性膜16がCoFe合金である場合にはCoFePd合金等が挙げられる。第1の強磁性膜16や第2の強磁性膜18にCoFe合金やCoFeB合金等のCo系合金を用いる場合には、反強磁性膜15との間に例えば0.5~3nm程度の厚さのNiFe系の極薄層を挿入してもよい。NiFe系の極薄層はCo系合金のfcc相を安定化させ、Co系合金の保磁力を低下させる。従って、バルクハウゼンノイズのない高感度な再生出力が得やすくなる。

【0057】さらに、例えば図6に示す第3の変形例のように、反強磁性膜15と第1の強磁性膜16との間にNiやNi系合金等からなる厚さ0.5~5nm程度の磁性層34を挿入して、第1の強磁性膜16と磁性層34との間に拡散バリア層35を設けてもよい。拡散バリア層35は第1の強磁性膜16や非磁性膜17の膜成長を緻密化させる。これによって、大きな抵抗変化率を得るために不可欠な第1の強磁性膜16と非磁性膜17との間に熱的に安定な界面が実現できる。拡散バリア層35は磁性層34をスパッタ法等で成膜した後、例えばスパッタ雰囲気中に一旦僅かな酸素(1~10SCCM程度)を導入(1~300秒程度)して、磁性層34の表面を交換結合が働く3nm以下の厚さで酸化処理することにより形成することができる。拡散バリア層35を形成するための処理は、窒化処理、フッ化処理、炭化処理等であってもよい。あるいは、磁性層34を成膜した後に一旦大気開放し、その後成膜してもよい。

【0058】なお、第1の強磁性膜16や第2の強磁性膜18にNiFe合金等のNiを多く含む合金を用い、かつ非磁性膜17にCuを用いる場合には、非磁性膜17と接する界面に例えば1.5nm以下程度の極薄いCoまたはCo系合金膜を挿入することが好ましい。これにより、NiとCuとの間の拡散を防ぐことができ、抵抗変化率や耐熱性を確保することができる。

【0059】第2の強磁性膜18上には、図5に示したように、必要に応じて軟磁性アシスト膜36が形成される。磁化フリー層である第2の強磁性膜18に軟磁性の良好なNiを多く含む合金を用いる場合には、軟磁性アシスト膜36は必ずしも必要ではない。CoFe合金等のCo系合金を用いる場合には、NiFe合金、NiFeX(X:Cr、Nb、Ta、Zr、Hf、W、Mo、V、Ti、Rh、Ir、Cu、Au、Ag、Mn、Re、Ruから選ばれる少なくとも1種の元素)合金等の結晶質磁性合金、CoZrNb系、CoFeRe系、CoFeAlO系等のアモルファス磁性合金、FeZrN、CoFeTaN等の窒化微結晶合金、CoNbC、FeTaV等の炭化微結晶合金、あるいはこれらの積層膜等からなる軟磁性アシスト膜36を形成することが望ましい。

【0060】軟磁性アシスト膜36はCo系合金からなる第2の強磁性膜18の軟磁性の向上に効果を発揮する。軟磁性アシスト膜36の膜厚は1~15nm程度とすることが好ましい。軟磁性アシスト膜36には、センス電流の分流を抑制して高い抵抗変化率を維持する上で、高抵抗の磁性膜を用いることが望ましい。具体的には50 $\mu\Omega$ cm以上の磁性膜を用いることが好ましい。

【0061】硬質磁性膜20と電極21の形状に関して、例えば以下に示すような場合には一対の硬質磁性膜20の間隔と一対の電極21の間隔はおおよそ一致する。これは、スピナルブGMR膜14のパターニングに使用したレジストマスクをそのまま利用して、硬質磁性膜20および電極21を連続して成膜し、このレジストマスクを除去した(いわゆるリフトオフ)後、電極形状に合せたレジストマスクを形成してイオンミリング等によりエッチングした場合である。この際、上記した間隔がほぼ再生トラック幅となる。

【0062】一方、一対の硬質磁性膜20の間隔よりも電極21の間隔を広くして、スピナルブGMR膜14近傍では硬質磁性膜20を電極の一部として利用することもできる。例えば、硬質磁性膜20と電極21の形成を分離して行うことによって、図7に示すように、一対の電極21の間隔を一対の硬質磁性膜20の間隔よりも広くして、一対の電極21を媒体対向面から後退させてもよい。

【0063】このような構成によれば、電極21が媒体対向面から後退した箇所に形成されているため、スピナルブGMR膜14を媒体対向面に露出させる機械加工

工程に直接電極21が晒されることがない。CuやAu等の柔らかい低抵抗材料を電極21に用いても、研磨により電極21の媒体対向面(ABS)側の形状が広がって、磁気シールド層12、24との絶縁不良を引き起こす等の電極劣化を回避することができる。この場合、スピナルブGMR膜14近傍では硬質磁性膜20が電極も兼ねるので、硬質磁性膜20の抵抗を極力下げるため、その膜厚を増大することが好ましい。硬質磁性膜20の膜厚は40~100nm程度が望ましい。次に、本発明の第2の磁気抵抗効果素子を適用したGMRヘッドの実施形態について、図8を参照して説明する。図8はこの実施形態のGMRヘッドの要部を示す断面図である。なお、GMRヘッド25の全体構造は図1に示した通りである。さらに、本発明の第2の磁気抵抗効果素子を再生素子部に適用して録再分離型磁気ヘッドを構成する場合、その全体構造は図1と同様となる。

【0064】図8に要部を示すGMRヘッドにおいて、スピナルブGMR膜14は前述と同様に、基板側から順に積層された下地膜32、反強磁性膜15、第1の強磁性膜16、非磁性膜17、第2の強磁性膜18、軟磁性アシスト膜36および保護膜19を有する磁性多層膜により構成されている。なおこれらのうち、下地膜32、軟磁性アシスト膜36、保護膜19等は必要に応じて形成される。さらに、前述した実施形態と同様に、これら以外の層を介在させることも可能である。

【0065】この実施形態のGMRヘッドにおいて、第2の強磁性膜18は磁界検出部(再生トラック)に相当する部分の膜厚 $t_1$ に比べて、再生トラックの両端部外側部分の膜厚 $t_2$ が薄く設定されている。バイアス磁界付与膜37は、第2の強磁性膜18の膜厚 $t_2$ の部分、すなわち膜厚 $t_2$ を有する再生トラックの両端部外側部分の上に積層形成されている。言い換えると、第2の強磁性膜18は磁界検出部に相当する部分の膜厚 $t_1$ に比べて、バイアス磁界付与膜37の下側にあたる部分の膜厚 $t_2$ が薄く設定されている。電極21はバイアス磁界付与膜37上に積層形成されている。

【0066】磁化フリー層を第2の強磁性膜18と軟磁性アシスト膜36との積層膜で構成する場合には、この積層膜の厚さをバイアス磁界付与膜37の下側にあたる再生トラックの両端部外側部分が磁界検出部に相当する部分に比べて薄くなるようにしてもよい。なお、スピナルブGMR膜14以外の構成については、前述した実施形態と同一構成とされている。

【0067】この実施形態のGMRヘッドでは、再生トラックの両端部外側部分を磁化フリー層である第2の強磁性膜18の一部までしかエッチングしないため、エッチング量が僅かとなる。従って、エッチングにはイオンミリングに限らず、より簡単な逆スパッタエッチを適用してもよい。

【0068】バイアス磁界付与膜37には、例えばNi



Mn合金、FeMn合金、IrMn合金、PdPtMn合金、RhMn合金、RuMn合金、PtMn合金、CrMnPt合金等の導電性を有する反強磁性膜、あるいはCoPt合金等の導電性を有する硬質磁性膜が用いられる。さらに、図3に示した構造と同様に、強磁性膜26と反強磁性膜27との積層膜28を、バイアス磁界付与膜37に適用することも可能である。

【0069】バイアス磁界付与膜37に反強磁性膜を適用する場合、その膜厚は3~70nmとすることが好ましい。より具体的にはNiMn合金の場合には25nm以上とすることが、FeMn合金の場合には5nm以上、IrMn合金の場合には3nm以上、PdPtMn合金の場合には5nm以上とすることが、安定した交換バイアスを得る上で望ましい。

【0070】ここで、図9にIrMn合金を例にとつて、反強磁性膜で交換バイアスを付与する磁性膜の厚さと交換バイアスとの関係を示す。図9から、磁性膜の厚さが減少すると、急激に交換バイアスが向上することが分かる。他の反強磁性膜も同様である。従って、バイアス磁界付与膜37としての反強磁性膜の下側に存在する磁化フリー層、すなわち第2の強磁性膜18あるいは第2の強磁性膜18と軟磁性アシスト膜36との積層膜の膜厚を、再生トラックの両端部外側部分において薄くすることによって、交換バイアスを増大させることができる。

【0071】具体的には、バイアス磁界付与膜37としての反強磁性膜の下側の磁化フリー層の厚さは2~5nm程度とすることが好ましい。その結果、媒体からの信号磁界による反強磁性膜(37)直下の磁化変化を概ね零にすることができ、再生フリンジの低減を実現することが可能となる。また、磁化フリー層としての第2の強磁性膜18には、適度なバイアス磁界が付与されて、バルクハウゼンノイズを安定して抑制することができる。

【0072】バイアス磁界付与膜37として反強磁性膜を用いる場合、この反強磁性膜と第2の強磁性膜18あるいは軟磁性アシスト膜36との間には、格子定数がこれらの中間の強磁性膜または反強磁性膜を挿入することが、交換バイアスの強度を増大させる上で望ましい。例えば、第2の強磁性膜18にCoFe合金を用い、かつバイアス磁界付与膜37としての反強磁性膜にFeMn合金を用いる場合には、CoFeにPd等の添加元素を加えて格子定数をFeMn合金に近付けた中間強磁性膜を介挿することが望ましい。

【0073】一方、バイアス磁界付与膜37に硬質磁性膜を適用する場合には、硬質磁性膜とその下側に存在する磁化フリー層(第2の強磁性膜18、あるいは第2の強磁性膜18と軟磁性アシスト膜36との積層膜)とを合せた磁氣的膜厚(残留磁化Mrと膜厚tの積(Mr×t))が、硬質磁性膜の下側に存在する磁化フリー層の磁氣的膜厚の2倍以上であることが好ましい。これは磁

化フリー層の磁氣的膜厚が相対的に増大すると、磁化フリー層からの反作用により硬質磁性膜の磁化が不安定化(具体的には保磁力の低下)し、硬質磁性膜との交換結合による磁化フリー層の磁化の安定化が不十分となるためである。言い換えると、バイアス磁界付与膜37としての硬質磁性膜の下側に存在する磁化フリー層の膜厚を薄くすることによって、その部分での磁化フリー層の磁化が十分に安定化され、再生フリンジを低減することができる。バイアス磁界付与膜37が強磁性膜26と反強磁性膜27との積層膜28である場合も同様である。

【0074】例えば、バイアス磁界付与膜37としてCoPt合金(Mr=1T)を用い、かつ第2の強磁性膜18としてCoFe合金(Mr=1.8T)を用いた場合を例にとると、CoPt合金膜の膜厚が18nm、CoFe合金膜の膜厚が10nmの場合にはMr×tの値が両者ほぼ同一となる。CoPt単層膜での保磁力1500OeがCoFe合金膜と積層することにより700Oeと約1/2にまで低下するが、CoFe合金膜の膜厚をMr×t=2となる4nmとすると(CoPt厚は同様)、CoFe合金膜と積層した場合の保磁力は1050Oeであり、保磁力の低下はそれ程顕著ではない。バイアス磁界付与膜37としては、図3に示したように、反強磁性膜と強磁性膜との積層膜を用いてもよい。

【0075】バイアス磁界付与膜37として硬質磁性膜を用いる場合、第2の強磁性膜18からのエピタキシャル的な結晶成長によりCo系硬質磁性膜のc軸が膜面垂直方向に配向してしまい、硬質磁性膜の保磁力が低下するおそれがある。この場合、第2の強磁性膜18とバイアス磁界付与膜37としての硬質磁性膜との中間に膜厚が1~10nm程度のアモルファス的な層を挿入して、硬質磁性膜の保磁力の低下を抑制することが好ましい。この層は例えば膜厚5nm程度のCr膜である。このCr膜のうち、厚さ2nm程度の初期層はアモルファスであり、その上の3nm程度は結晶層となる。

【0076】上述した第2の実施形態のGMRヘッドにおいては、磁化フリー層が基板側に存在する従来のスピナバルブ膜で問題となっていたバイアス磁界付与膜のパターニングに基づくスピナバルブ膜の下地表面の乱れを防ぐことができる。よって、安定したスピナバルブ膜特性が実現できる。

【0077】また、再生トラックの両端部外側部分における交換結合領域の磁化フリー層の膜厚を磁界検出部よりも薄くすることによって、反強磁性膜からなるバイアス磁化付与膜では交換バイアス力の増大が、硬質磁性膜からなるバイアス磁化付与膜では保磁力の増大が期待できる。従って、目的とするトラック端部での磁化フリー層の磁化固着がより安定化され、バルクハウゼンノイズの抑制が容易となる。さらに、硬質磁性膜によるバイアス磁界の付与においても、磁化固着層との直接的な壁面での接触がないために、硬質磁性膜からの漏洩磁界によ

り磁化固着層の磁化方向が乱されるといった悪影響が少なくなる。その結果、バルクハウゼンノイズがなく、線形応答性に優れた再生が実現できる。

【0078】次に、本発明の第3の磁気抵抗効果素子を適用したGMRヘッドの実施形態について、図10を参照して説明する。図10はこの実施形態のGMRヘッドの要部を示す断面図である。なお、GMRヘッド25の全体構造は図1に示した通りである。さらに、本発明の第3の磁気抵抗効果素子を再生素子部に適用して録再分離型磁気ヘッドを構成する場合、その全体構造は図1と同様となる。

【0079】図10に要部を示すGMRヘッドにおいて、スピバルブGMR膜14は前述した実施形態と同様に、基板側から順に積層された反強磁性膜15、第1の強磁性膜16、非磁性膜17、第2の強磁性膜18および保護膜19を有する磁性多層膜により構成されている。なお、前述した実施形態と同様に、これら以外の層を介在させることも可能である。

【0080】スピバルブGMR膜14上の磁界検出部（再生トラック）から外れた両外側部分において、第2の強磁性膜18上には一対のバイアス磁界付与膜37として反強磁性膜が設けられている。バイアス磁界付与膜37には、反強磁性膜15とはブロッキング温度が異なる反強磁性膜を用いる。バイアス磁界付与膜37が積層形成される部分は、前述した第2の実施形態と同様に、再生トラックの両端部外側部分を第2の強磁性膜18の一部までエッチングし、この膜厚が減少した分をバイアス磁界付与膜37の下地膜として第2の強磁性膜18と同一の強磁性膜を形成してもよい。

【0081】第2の強磁性膜18の膜厚は、前述した第2の実施形態と同様に、バイアス磁界付与膜37からの交換バイアスを増大させることができるような厚さに設定することが好ましい。具体的には、第2の強磁性膜18の膜厚は2~10nm程度とすることが好ましい。また、バイアス磁界付与膜37としての反強磁性膜の膜厚についても、第2の実施形態と同様とすることが好ましい。

【0082】スピバルブGMR膜14およびバイアス磁界付与膜37上には、Ti等からなる高抵抗保護膜38が形成されている。高抵抗保護膜38上には、一対の電極21が形成されている。一対の電極21の間隔は、一対のバイアス磁界付与膜37の間隔より狭くなるようにパターンニングされている。この電極21のイオンミリングやRIE等によるパターンニングにおいて、高抵抗保護膜38はエッチングストップとして機能する。これにより、スピバルブGMR膜14のオーバーエッチを防ぐことができる。

【0083】一対の電極21の間隔を一対のバイアス磁界付与膜37の間隔より狭くした場合、一対の電極21の間隔でトラック幅が規定される。このような構造においては、バイアス磁界付与膜37近傍の低感度領域が除

かれるため、狭トラック幅で高感度な再生出力を得ることができる。なお、バイアス磁界付与膜37の成膜と同時に電極21を成膜し、これらをリフトオフパターンニングしてもよい。この場合、一対のバイアス磁界付与膜37と一対の電極21の間隔はほぼ等しくなる。上述した第3の実施形態のGMRヘッドにおいては、磁化フリー層が基板側に存在する従来のスピバルブ膜で問題となっていたバイアス磁界付与膜のパターンニングに基づくスピバルブ膜の下地の乱れを防ぐことができる。さらに、電極21をパターンニングする際のスピバルブGMR膜14のオーバーエッチ等は、高抵抗保護膜38により防ぐことができる。よって、安定したスピバルブ膜特性が実現できる。

【0084】また、磁化フリー層である第2の強磁性膜18の膜厚を薄くすることによって、反強磁性膜からなるバイアス磁化付与膜37からの交換バイアス力を増大させることができる。従って、磁化フリー層の磁化が安定化され、バルクハウゼンノイズが抑制される。その結果、バルクハウゼンノイズがなく、線形応答性に優れた再生が実現できる。

【0085】なお、上述した各実施形態では本発明の磁気抵抗効果素子を録再分離型磁気ヘッドの再生素子部に適用する場合について説明したが、本発明の磁気抵抗効果素子はこれに限られるものではない。例えば、一対の磁気ヨークを記録ヘッドと再生ヘッドで共有する録再一体型磁気ヘッド等の他のヘッド構造についても、本発明の磁気抵抗効果素子は適用可能である。

【0086】次に、本発明の磁気抵抗効果素子を磁気抵抗効果メモリ（MRAM）等の磁気記憶装置に適用した実施形態、すなわち本発明の磁気記憶装置の実施形態について説明する。

【0087】図11は巨大磁気抵抗効果（GMR）を利用したMRAMの一実施形態の構成を示す図である。同図に示すMRAM40は、ガラス基板やSi基板等の基板41上に形成されたスピバルブGMR膜42を有している。スピバルブGMR膜42は、前述した各実施形態のGMRヘッドと同様に反転積層構造を有し、その再生トラックの両端部外側部分の上に形成された一対のバイアス磁界付与膜43を有している。スピバルブGMR膜42とバイアス磁界付与膜43との積層構造等は、図2、図3、図5、図6、図8、図9等に示した構造と同様とされている。

【0088】スピバルブGMR膜42の上部には、絶縁層44を介して書き込み電極45が設けられている。また、スピバルブGMR膜42の両端部には、一対の読み出し電極46が設けられており、この一対の読み出し電極46からスピバルブGMR膜42にセンス電流が供給される。なお、図中47は読み出し補助電極である。

【0089】上記したMRAM40における情報の書き

込みおよび読み出しは、例えば以下のようにして行われる。まず、情報の書き込みは、書き込み電極 4 5 に電流を流して外部磁界を印加し、磁化固着層の磁化方向を“1”または“0”に対応する方向とすることにより行われる。

【0090】記憶情報の読み出しは、読み出し電極 4 6 からセンス電流を流した状態で、書き込み電極 4 5 に正負のパルス電流を流し、その電流磁界により磁化フリー層の磁化方向を反転させる。書き込み電極 4 5 の正負に対して、磁化フリー層の磁化方向は磁化固着層の“1”、“0”にかかわらず一定である。一方、“1”または“0”として記憶された磁化固着層 5 0 の磁化方向によって、書き込み電極 4 5 のパルス電流が正のときにスピバルブ GMR 膜 4 2 の上下強磁性層の磁化方向が平行で負のときに反平行か、もしくは書き込み電極 4 5 のパルス電流が負のときに磁化方向が平行で正のときに反平行かが決まる。従って、書き込み電極 4 5 に例えば正→負のパルス電流を流したとき、センス電流の抵抗が大→小か、小→大かによって、磁化固着層の“1”または“0”が判別される。

【0091】MRAM 4 0 におけるバイアス磁界付与膜 4 3 は、書き込み電極 4 5 に正負のパルス電流を流したときの磁化フリー層の磁化反転が生じる磁界の大きさを制御したり、また磁区が形成された状態で不規則な磁化反転に伴うノイズを抑制するものである。ここで、バイアス磁化付与膜については、高集積化に対応してより薄い膜で、微小セルサイズに伴う反磁界の増大を抑制するのに十分なバイアス力を得ることが重要である。前述した各実施形態で詳細に述べたように、本発明によるバイアス磁界付与膜によれば十分なバイアス力が得られるため、MRAM 4 0 は高集積化を実現可能とするものである。

#### 【0092】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の磁気抵抗効果素子によれば、再生フリッジやバルクハウゼンノイズを抑制した上で、接触抵抗の低減、絶縁不良の抑制、良好な線形応答性等が実現可能となる。従って、そのような磁気抵抗効果素子を用いた本発明の磁気ヘッド、磁気記録再生ヘッドおよび磁気記憶装置によれば、良好な動作特性等を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の磁気抵抗効果素子を再生素子部に適用した録再分離型磁気ヘッドの一実施形態の構造を示す断面図である。

【図 2】 図 1 に示す録再分離型磁気ヘッドの要部であ

る磁気抵抗効果素子部を拡大して示す断面図である。

【図 3】 図 2 に示す磁気抵抗効果素子の第 1 の変形例を示す断面図である。

【図 4】 図 1 に示す録再分離型磁気ヘッドの要部である磁気抵抗効果素子の平面図である。

【図 5】 図 2 に示す磁気抵抗効果素子の第 2 の変形例を示す断面図である。

【図 6】 図 2 に示す磁気抵抗効果素子の第 3 の変形例を示す断面図である。

10 【図 7】 図 2 に示す磁気抵抗効果素子の第 4 の変形例を示す平面図である。

【図 8】 本発明の第 2 の磁気抵抗効果素子を適用した磁気抵抗効果ヘッドの一実施形態の要部構造を示す断面図である。

【図 9】 反強磁性膜で交換バイアスを付与する磁性膜の厚さと交換バイアスとの関係の一例を示す図である。

【図 10】 本発明の第 3 の磁気抵抗効果素子を適用した磁気抵抗効果ヘッドの一実施形態の要部構造を示す断面図である。

20 【図 11】 本発明の磁気抵抗効果素子を適用した磁気記憶装置の一実施形態の要部構造を示す断面図である。

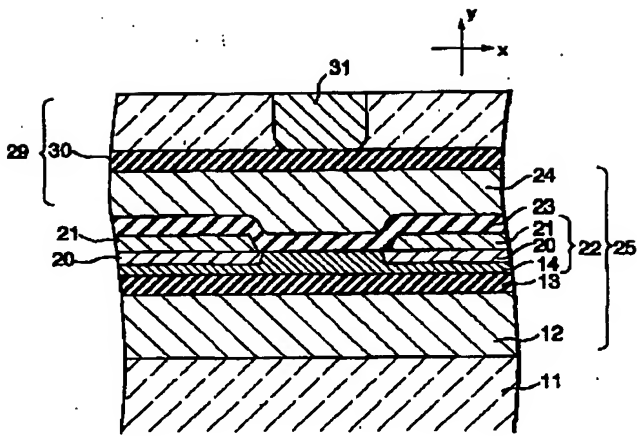
【図 12】 従来の磁気抵抗効果ヘッドの一構成例を示す断面図である。

#### 【符号の説明】

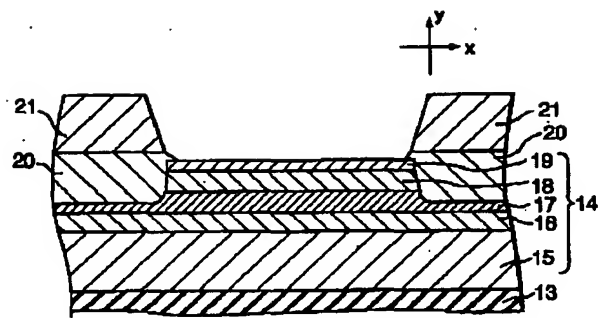
- 1 1 ……基板
- 1 2、2 4 ……磁気シールド層
- 1 3、2 3 ……再生磁気ギャップ
- 1 4 ……磁気抵抗効果膜（GMR 膜）
- 1 5 ……反強磁性膜
- 30 1 6 ……第 1 の強磁性膜
- 1 7 ……非磁性膜
- 1 8 ……第 2 の強磁性膜
- 2 0 ……一対の硬質磁性膜
- 2 1 ……一対の電極
- 2 2 ……GMR 再生素子
- 2 5 ……シールド型 GMR ヘッド
- 2 9 ……薄膜磁気ヘッド
- 3 0 ……記録磁気ギャップ
- 3 1 ……磁極
- 40 3 7 ……一対のバイアス磁界付与膜
- 4 0 ……MRAM
- 4 2 ……スピバルブ GMR 膜
- 4 3 ……バイアス磁界付与膜
- 4 5 ……書き込み電極
- 4 6 ……一対の読み出し電極



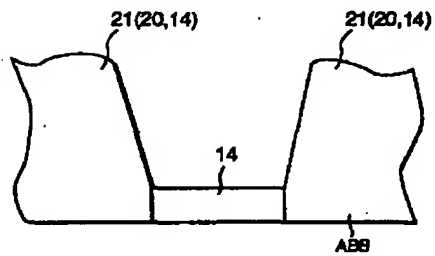
【図 1】



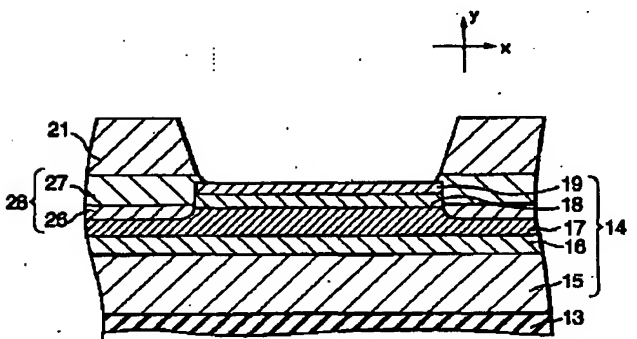
【図 2】



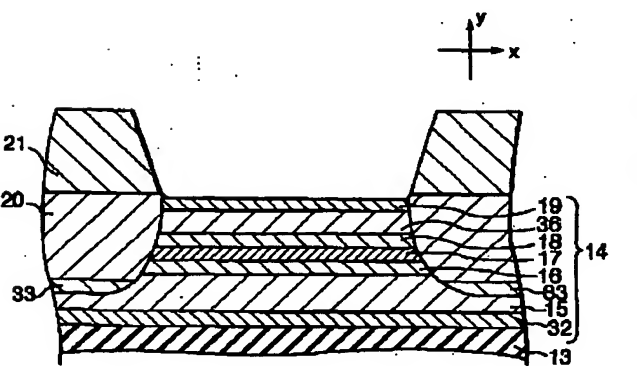
【図 4】



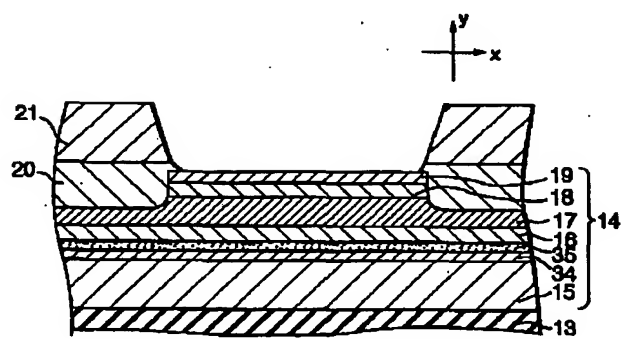
【図 3】



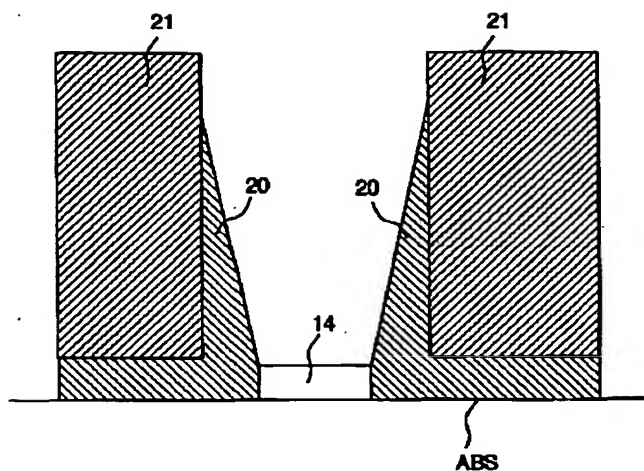
【図 5】



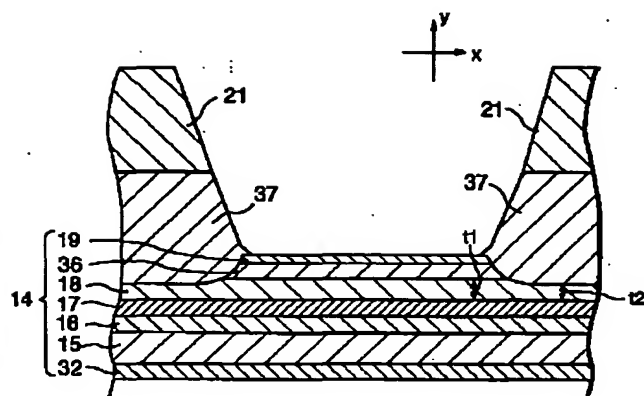
【図 6】



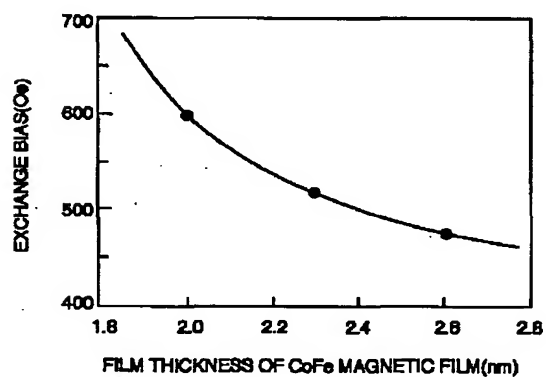
【図7】



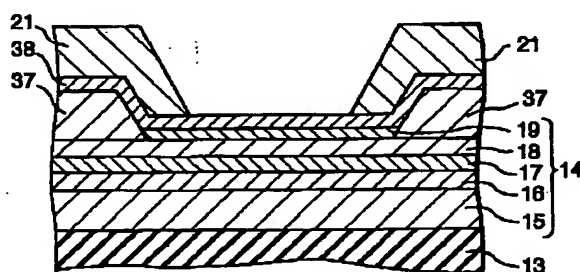
【図8】



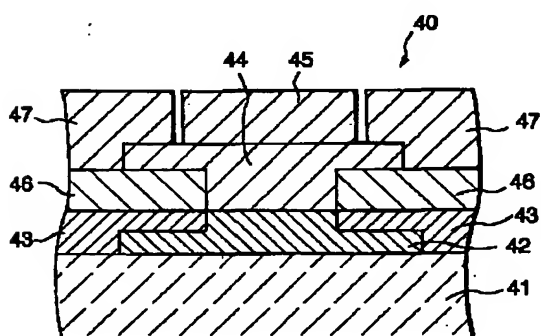
【図9】



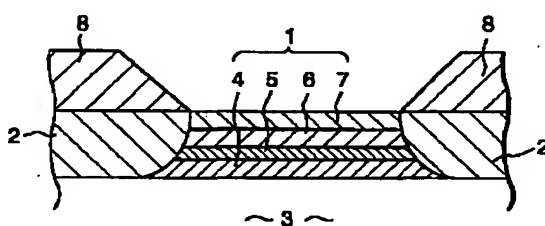
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72) 発明者 斉藤 和浩  
神奈川県川崎市幸区堀川町72 株式会社東  
芝川崎事業所内

(72) 発明者 佐橋 政司  
神奈川県川崎市幸区堀川町72 株式会社東  
芝川崎事業所内